

REGULAMENTOS DE USO DO SOLO E IMPACTOS AMBIENTAIS: AVALIAÇÃO CRÍTICA DO PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SP

Carlos Wilmer COSTA ¹, Francisco Antônio DUPAS ², Nívea Adriana Dias PONS ²

(1) Pós graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática / Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá. Rua Brazópolis 27 – Santa Efigênia.

CEP 37508-000. Piranguinho, MG. Endereço eletrônico: carloswilmer@unifei.edu.br

(2) Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá. Av. BPS 1303, Pinheirinho. CEP: 37500-903. Itajubá, MG.

Endereços eletrônicos: dupas@unifei.edu.br; npons@unifei.edu.br

Introdução
Materiais e Métodos
Localização e Conhecimento Preliminar da Área de Estudo
Métodos
Resultados e Análises Integradas
Considerações Finais
Recomendações
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Grande parte da população das cidades brasileiras de médio porte concentra-se em áreas urbanas densamente povoadas. Este fato sinaliza para a utilização de sensores remotos aliados a Sistemas de Informação Geográfica para o monitoramento da expansão da mancha urbana. Estas ferramentas são de grande valia para o planejamento territorial do município, permite o diagnóstico e a caracterização das áreas que vêm sofrendo as consequências do uso do solo para fins urbano e auxilia na proposição de alternativas futuras para minimização dos impactos gerados. Neste trabalho, imagens orbitais do satélite Alos sensor AVNIR-2 foram utilizadas para diagnosticar a mancha urbana da cidade de São Carlos-SP no ano de 2006 e comparar com o que é previsto no Plano Diretor Municipal elaborado em 2005. Esta análise gerou críticas e proposições de alternativas futuras. Uma abordagem também de interesse, refere-se ao avanço da mancha urbana sobre os mananciais superficiais do ribeirão do Feijão e do rio Monjolinho. Hoje estes mananciais são responsáveis pela metade da água utilizada para abastecimento público da cidade de São Carlos, portanto, deveriam ser conservados a fim de servirem como reservas futuras de água.

Palavras-chave: Mananciais urbanos, expansão urbana, superfície impermeabilizada, SIG, sensoriamento remoto.

ABSTRACT – *C.W. Costa, F.A. Dupas, N.A.D. Pons - Regulations of land use and environmental impact: critical evaluation of participatory Master Plan of the city of São Carlos, SP.* Much of the population of medium-sized Brazilian cities is concentrated in densely populated urban areas. This fact points out the use of remote sensing coupled with Geographical Information Systems for the monitoring of urban sprawl. These tools are of great value for territorial planning of the city, allows the diagnosis and characterization of the areas that have suffered the consequences of land use for urban and helps in proposing alternatives to minimize future impacts generated. In this paper, orbital images of the satellite ALOS sensor AVNIR-2 were used to diagnose the urban area of São Carlos-SP in 2006 and compare with what is laid down in Master Plan prepared in 2005. This analysis has drawn criticism and prepositions of future alternatives. One approach is also of interest refers to the advancement of urban sprawl on the surface watershed of the river Feijão and the river Monjolinho. Today these sources are responsible for half the water used for public supply of the city of São Carlos-SP, therefore, should be maintained to serve as future water reserves.

Keywords: Water sources, urban sprawl, impervious surface, GIS, remote sensing.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e urbano, as alterações socioeconômicas, as mudanças tecnológicas e as alterações climáticas são as principais e prováveis forças motrizes que moldarão o futuro com interferência nos recursos hídricos (Weatherhead & Howden, 2009).

A questão levantada por Martine (2007) é que “a urbanização constitui uma bênção ou uma ameaça à sustentabilidade? Será que a concentração urbana é mesmo um padrão negativo?” Para o autor, o fator escala da urbanização representa uma forma mais sustentável do uso da terra a médio e longo prazos,

desde que promovida com políticas cuidadosas de ocupação espacial.

No entanto, na América do Sul o crescimento urbano se dá nas zonas periféricas das cidades onde formam-se assentamentos precários, sendo autoproduzidos pelos próprios moradores. No Brasil, dos 5.564 municípios, são raros os que não têm uma parte significativa de sua população assentada precariamente; os rios, vales inundáveis e encostas são tratados como obstáculos a serem superados, são aterrados, terraplanados e as águas canalizadas, num desenho que procura minimizar as perdas territoriais para o mercado de solos. Esse modelo é marcado por dois elementos constitutivos de nossa cultura política: a indistinção entre o público e o privado, e entre o real e o legal. Essa forma de urbanização é resultado de um mercado que visa o lucro imediato, expandindo os limites da cidade de forma fragmentada, a partir de iniciativas de proprietários de terras e loteadores, motivados por interesses privados sobre os sociais, não respeitando as diretrizes de crescimento do município definidas no Plano Diretor Municipal, normas de loteamento e Áreas de Preservação Permanente (Rolnik, 2009). Como agravante, o planejamento urbano é realizado para a cidade formal, e para a cidade informal são analisadas somente tendências de ocupação (Tucci, 2008).

Diariamente, decisões sobre o ordenamento do território e gestão da água moldam os padrões de crescimento urbano, ao mesmo tempo em que decisões sobre uso do solo urbano influenciam os sistemas hidrológicos. Porém, é muito comum que essa ligação seja ignorada, ou apenas reconhecida, especialmente por políticos sem formação adequada. Tucci (2008) alerta que as dificuldades enfrentadas pelos municípios para a implementação do planejamento integrado é fruto da limitada capacidade institucional para enfrentar problemas complexos e interdisciplinares. Como agravante, a omissão ou o não cumprimento da regulação legal de uso e ocupação do solo por parte do executivo municipal, estadual e federal e o uso indiscriminado dos recursos hídricos, poderão condenar a qualidade e a quantidade desse recurso para os cidadãos.

Segundo Carneiro (2008), no Brasil o que se constata é a desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e os de planejamento do uso do solo, refletindo, talvez, certa deslegitimação do planejamento e da legislação urbanística nas cidades, marcadas por forte grau de informalidade e mesmo de ilegalidade na ocupação do solo.

Frente a isso, atualmente, o Zoneamento Urbano e Rural, proposto nos Planos Diretores Municipais, são instrumentos usados internacionalmente para gerenciar o uso do solo, refletindo positivamente nos recursos hídricos (Carter et al., 2005; Lerner & Harris, 2009). Entretanto, ainda faltam formas práticas de mensurar os efeitos de tais zoneamentos em escala local (Nielsen-Pincus et al., 2010). Conway & Lathropet (2005) alertam que, mesmo dentro de uma abordagem holística de gestão de bacias hidrográficas, não se tem a certeza se as estratégias de regulamentação, e planejamento territorial, aplicadas num determinado momento, serão eficazes na proteção dos recursos locais no futuro, especialmente em bacias hidrográficas sujeitas a urbanização.

Para Aguiar (1989) o mapeamento aparece como peça fundamental, pois asseguraria um desenvolvimento adequado e equilibrado do espaço; a atualização permanente de dados possibilitaria a fiscalização sistemática da paisagem, oferecendo com isso melhores aparelhamentos técnicos e administrativos aos organismos públicos. Com base em Dupas (2001) e Costa (2010) a criação de cenários com a sobreposição de variáveis ambientais em planos de informações permite analisar os impactos futuros das ações a serem tomadas assegurando que sejam eficazes e eficientes.

Em São Carlos, aliado a rápida taxa de urbanização, a disposição inadequada de resíduos sólidos e o uso intensivo do solo por atividades relacionadas ao agronegócio nas bacias hidrográficas que são utilizadas como mananciais, provocam impactos negativos sobre a ecologia regional e contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Esses mananciais são áreas sensíveis, fontes de alimentação de aquífero e pela proximidade da cidade deveriam ser conservados ou preservados, a fim de servirem como reservas de água (Zuquette, 1981; Lorandi, 1985; Gonçalves, 1986; Aguiar, 1989; Nishiyama, 1991; Dupas, 2001; Tundisi et al., 2007; Zuquette et al., 2009; Costa, 2010).

Por meio de um cenário de ocupação, o presente trabalho visa elaborar uma análise da expansão urbana da cidade de São Carlos-SP no ano de 2006 e comparar com o que é previsto no Plano Diretor Municipal em vigor desde 2005. Com este levantamento de dados, espera-se poder apontar limitações, sugerir devidas correções e adequações a fim de auxiliar o planejamento territorial do município, destacando a vulnerabilidade dos mananciais urbanos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a montagem do danco de dados, foram utilizadas imagens orbitais do satélite Alos, sensor

AVNIR-2, bandas 3, 2 e 1 com resolução espacial de 10 m, fornecidas pelo projeto FAPESP 98/10924-3

(Tundisi et al., 2007). As cartas topográficas, geológicas, pedológicas e do Zoneamento Municipal são mostradas na Tabela 1.

Segundo Zuquette (1987) as escalas menores que 1:100.000 representam escalas gerais, de 1:100.000 a 1:25.000 são escalas regionais e de 1:25.000 a 1:10.000 as escalas de semi-detalhe. Neste caso, foram utilizadas as maiores que 1:100.000 que representam a regionalidade.

Os planos de informação do banco de dados digital georreferenciado foram elaborados utilizando os aplicativos *Idrisi* versão Andes 15.0, *Global Mapper* V8.03, *AutoCAD* (2008), além de um GPS da marca *Garmim*, modelo *Etrex Summit*. A confecção final dos mapas foi feita no *CorelDRAW* versão X4. Para efetuar as análises estatísticas foi utilizado o *Microsoft Excel* versão 2007.

TABELA 1. Cartas utilizadas.

Cartas	Cidade	Referência	Fonte	Escala
Topográficas	São Carlos	SF-23-Y-A-I-1	IBGE (1971)	1:50.000
	Corumbataí	SF-23-Y-A-I-2		
	Ibaté	SF-23-V-C-IV-3		
	Descalvado	SF-23-V-C-IV-4		
Geológicas	São Carlos	Mapa do substrato rochoso	Zuquette (1981) Muro (2000)	1:50.000
Pedológicas	São Carlos	SF-23-Y-A-I	IAC (1981)	1:100.000
	Descalvado	SF-23-V-C-IV	IAC (1982)	
Zoneamento	São Carlos	-	São Carlos (2005)	1:60.000

LOCALIZAÇÃO E RECONHECIMENTO PRELIMINAR DA ÁREA DE ESTUDO

O município de São Carlos está localizado na região sudeste do Brasil e central do Estado de São Paulo, entre os paralelos 22°00' e 22°30' S e 47°30' e 48°00' W, a aproximadamente 230 km a noroeste da capital, situado sobre o divisor de águas de duas Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - UGRHI, ao norte do Mogi-Guaçu e ao sul do Tietê-Jacaré (Figura 1A). Segundo São Paulo (2009), consideradas as vazões mínimas superficiais ($Q_{7,10}$) e a vazão subterrânea explotável, nessas UGRH já são utilizados mais de 60% da disponibilidade hídrica.

O município possui uma área de 1.140,92 km² e é dividido em nove sub-bacias hidrográficas. A área de estudo envolve um polígono limitado pelas coordenadas 21°51'25" e 22°12'12" latitude sul, 47°42'27" e 47°57'37" longitude oeste, a qual foi determinada de modo a abranger toda área urbanizada e de expansão urbana, bem como as bacias hidrográficas do rio do Monjolinho e ribeirão do Feijão, as quais servem como os principais mananciais para abastecimento público (Figura 1B).

Por ter características singulares e ainda possuir boa qualidade de água e vazão, o ribeirão do Feijão é considerado o manancial mais importante para a cidade de São Carlos e para a região. Ele tem sua nascente no alto do planalto de São Carlos, correndo sobre a

Formação Botucatu no seu curso médio e alto. Sua bacia hidrográfica faz divisa com os municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina. Está localizado na Área de Proteção Ambiental Corumbataí (Lei Estadual nº 20.960 de 1983) que visa proteger os ecossistemas aquáticos (rios, pântanos e represas) e terrestres da região central do Estado de São Paulo, abrangendo glebas de terras dos municípios de São Carlos, Itirapina, Brotas, Rio Claro e Corumbataí (Gonçalves, 1986).

Em 2010 o município de São Carlos contava com 221.692 habitantes, dos quais aproximadamente 96% estão na área urbana (SEADE, 2012). A economia da região é marcada pelas usinas de açúcar e álcool, pela cultura de laranja e a agropecuária (São Paulo, 2009).

A vegetação é composta por florestas semidecídua e ripariana, o cerrado e o cerrado. Souza (1977, segundo Lorandi, 1985) já alertava sobre a diminuição e desaparecimento da vegetação com o desenvolvimento da região. Henke-Oliveira (1996) argumenta que a vegetação tem sido reduzida a fragmentos florestais, principalmente devido ao agronegócio bem como loteamentos.

O tipo climático é o Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com 22°C de temperatura média no mês mais quente (CEPAGRI, 2012). Segundo Zuquette (1981) a média anual de pluviosidade é acima de 1.400 mm e a umidade relativa do ar apresenta uma média anual acima de 65%. Mattos (1984, segundo

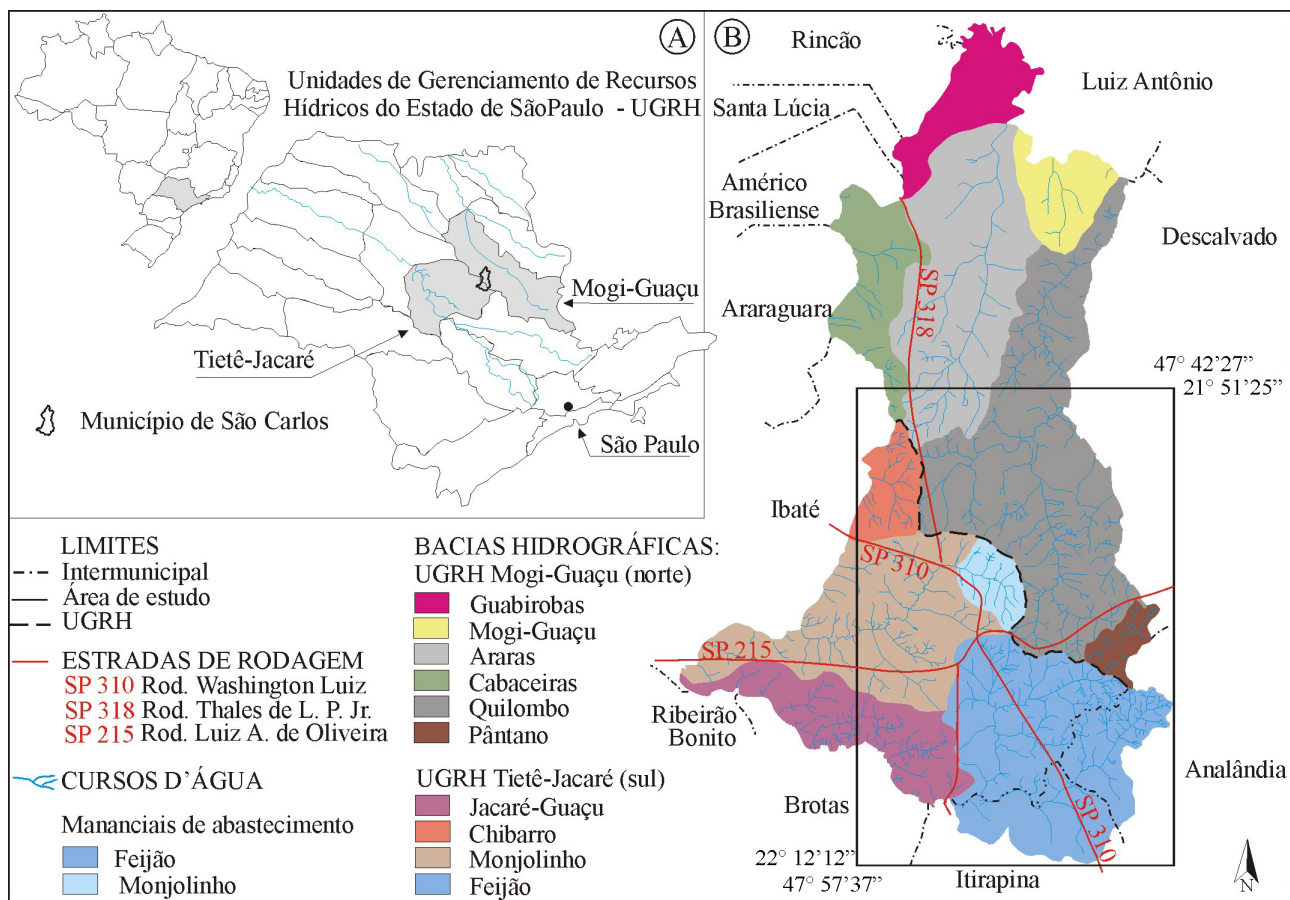


FIGURA 1. A e B. Mapa de localização da área de estudo e mananciais de abastecimento.
 Fontes: adaptado de: (A) (São Paulo, 2009) e (B) Tundisi et al., (2007).

Gonçalves, 1986) realizou o balanço hídrico da região de São Carlos onde se pode perceber que a água armazenada representa em média $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{3}$ da precipitação mensal, o que caracteriza a região como área de recarga da Formação Botucatu.

O relevo de transição entre o Planalto Ocidental e as Cuestas, apresenta altitudes que variam de 775 m a 1.020 m. Bjornberg & Tolentino (1959, segundo Gonçalves, 1986) relatam que as cotas mais elevadas do planalto de São Carlos, são ocupadas pela Formação Itaqueri, cuja base corresponde à altitude aproximada de 800 m. O fundo dos vales dos rios do planalto e em áreas a leste e oeste são ocupadas por rochas eruptivas da Formação Serra Geral. Logo abaixo, em extensas áreas a norte e sul da área de estudo, são encontrados afloramentos da Formação Botucatu, que são responsáveis pelas superfícies de topografia quase plana.

Foi o arenito da Formação Botucatu que forneceu

o material de origem de parte das Areias Quartzozas Profundas que recobre esta Formação, principalmente a sul e sudeste da área de estudo onde está localizado o manancial do ribeirão do Feijão. Este solo residual é excessivamente drenado, essencialmente quartzoso (>70%) e com maior permeabilidade, em torno de 10^{-3} a 10^{-2} cm/seg., o que classificaria a área como de recarga do Aquífero Botucatu. Os maciços basálticos compactos da Formação Serra Geral, cobrem aproximadamente 90% da Formação Botucatu em toda sua extensão e comportam-se como corpos impermeáveis, seu material residual é argiloso e apresenta coeficientes de permeabilidade inferiores a 10^{-6} cm/seg. A Formação Itaqueri é composta de arenitos de origem flúvio-lacustres, comporta-se como aquífero livre (Zuquette, 1981; Oliveira e Prado, 1984, segundo Lorandi, 1985; Gonçalves, 1986; Aquiar, 1989; Nishiyama, 1991; Freitas, 1996; Muro, 2000) (Tabela 2).

TABELA 2. Características das principais unidades encontradas na área de estudo.

Fonte: Zuquette (1981), Aguiar (1989), Nishiyama (1991) e Muro (2000).

Características	Solos Residuais		
	Itaqueri	Serra Geral	Botucatu
Textura	Arenosa	Argilosa	Arenosa
Espessura	0 a 2 m	< 2 m até 5 – 10 m	< 2 m
Granulometria	Areia fina: 60 a 80%	Areia fina: 10 a 35%	Areia média: 70 a 80%
	Areia média: 2 a 20%	Silte: 20 a 45%	Areia fina: 2 a 20%
	Silte: 5 a 28%	Argila: 25 a 60%	Argila: = 10%
	Argila: 10 a 63%		
Coloração	Avermelhada	Avermelhada a marrom	Avermelhada
Coefficiente de permeabilidade	10^{-5} a 10^{-2} cm/seg.	10^{-6} a 10^{-3} cm/seg.	10^{-3} a 10^{-2} cm/seg.

MÉTODOS

Para facilitar a organização e entendimento da estrutura de execução do trabalho, é apresentado na Figura 2 o fluxograma geral da metodologia empregada. Os mapas foram gerados com sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, Datum horizontal Córrego Alegre, Datum vertical Marégrafo de Imbituba e Meridiano Central 45° W.

Como primeiro passo procurou-se inventariar informações relativas à área de estudo: cartas topográficas, geológicas, pedológicas, do Zoneamento Municipal e das imagens de satélites. Na sequência, as cartas topográficas, geológicas, pedológicas e do Zoneamento Municipal, obtidas no formato digital, foram georreferenciadas e vetorizadas. Informações como curvas de nível, redes de drenagens, malhas

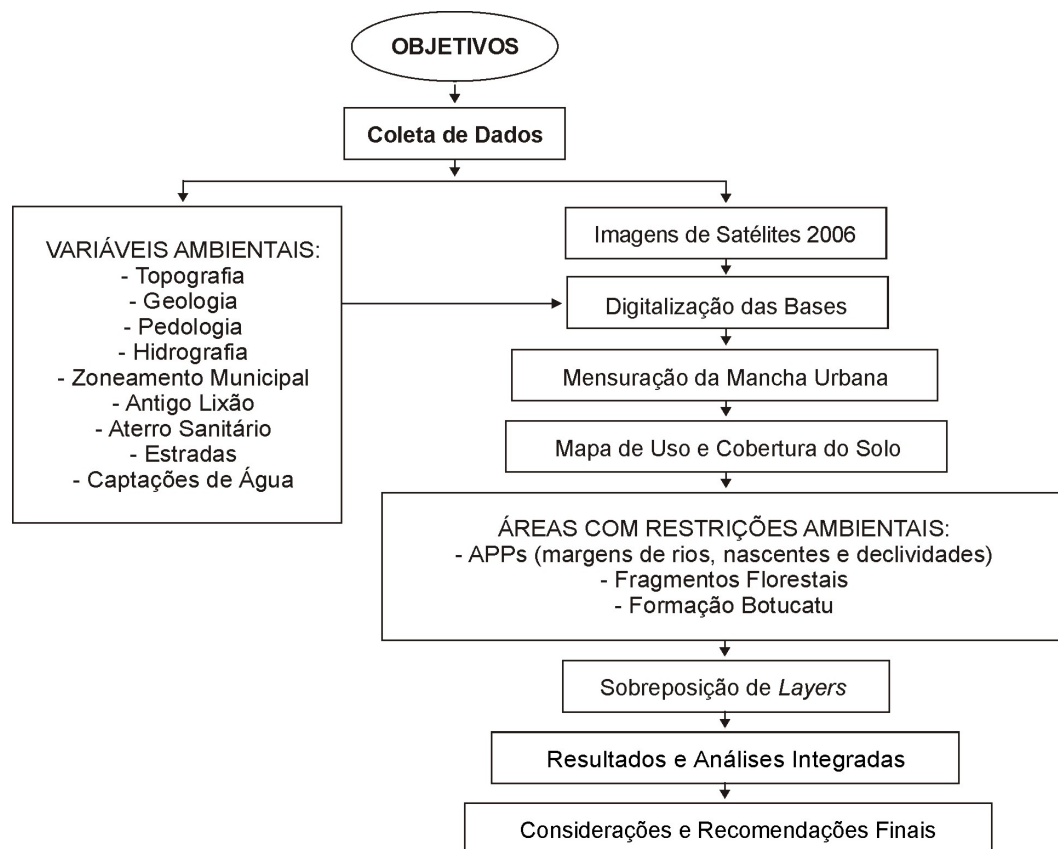


FIGURA 2. Fluxograma geral do método, imagens de satélite, formações geológicas.

viárias e bacias hidrográficas foram extraídas das cartas topográficas, escala 1: 50.000 (IBGE, 1971).

As imagens de satélites passaram por técnicas padrão de processamento de imagens. Utilizando a metodologia proposta por Jansen (2009), foi realizada a digitalização manual em tela da mancha urbana a partir da composição colorida falsa-cor. Neste caso de estudo, a mancha urbana se refere às áreas residenciais, comerciais, complexos industriais, incluindo as vias asfaltadas, estradas, mercados, estacionamentos, etc. (Jat et al., 2008). A área da mancha urbana foi mensurada transformando imagens vetoriais em booleanas, utilizando o programa *Idrisi* Andes.

O mapeamento do uso e cobertura do solo foi elaborado com imagens do satélite Alos por meio de classificação supervisionada, sendo utilizado o classificador da Máxima Verossimilhança do aplicativo *Idrisi* Andes.

Em continuidade, a fim de elaborar um panorama que represente a expansão da cidade de São Carlos, bem como apontar limitações, sugerir devidas correções e adequações no Zoneamento Municipal, foram delimitadas as áreas que apresentaram restrições ambientais para fins urbanísticos: APPs de margens de rios e nascentes, fragmentos florestais, locais com declividades acima de 30% e áreas compostas pela Formação Botucatu, como descrito adiante.

As APPs ao longo das margens dos rios e das nascentes foram delimitadas com base no Código Florestal instituído pela Lei 4.771/65 de 15 de setembro de 1965 (Brasil, 1965), que, no Art. 2º define: (a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água: de 30 m para os cursos d'água de menos de 10 m de largura; (c) nas nascentes num raio mínimo de 50 m de largura. Elaborou-se a carta de declividades para as faixas de valores de interesse, neste caso, com base nas restri-

ções sugeridas no Plano Diretor Municipal (São Carlos, 2005) o qual não autoriza para fins urbanos locais, áreas com declividades superiores a 30%. Os fragmentos florestais foram extraídos do mapa de uso e cobertura do solo e com visitas a campo a fim de documentar a verdade terrestre, e engloba as áreas de vegetação ripária, vegetação de encosta, remanescentes de cerrado e cerradão.

Segundo Zuquette (1981), Gonçalves (1986), Aguiar (1989), Nishiyama (1991) e Zuquette et al. (2009) a vulnerabilidade de um terreno poderia ser definida como sendo a maior ou menor facilidade com que este terreno receberia e transmitiria ao aquífero, superficial ou profundo, uma carga de contaminante que nele fosse colocado. No contexto deste estudo, a partir dos mapas topográficos, geológicos e de solos, também utilizando dados de permeabilidade, granulometria e espessura (Tabela 2), áreas onde a Formação Botucatu aflora foi classificada como mais vulnerável à poluição que as demais litologias. Outro fator importante é a capacidade de armazenamento de água do solo, que atinge valores bastante elevados e que associados à geologia local, nos permitem inferir, tratar-se de área de alimentação direta do Aquífero Guarani.

Para possibilitar a geração de cruzamentos e/ou combinações entre diversas variáveis ambientais cada um dos elementos foi armazenado em *layer* diferente. Assim, zoneamento municipal, mancha urbana, topografia, geologia, hidrografia, pedologia, infraestrutura, uso e cobertura do solo foram analisados de maneira integrada, podendo cada um servir de “fundo” para o outro.

Finalmente, a fim de praticar o planejamento territorial integrado do município, foi diagnosticada a situação atual (2006) e recomendadas alternativas futuras, contemplando o Plano Diretor.

RESULTADOS E ANÁLISES INTEGRADAS

O cenário atual, regulamentado pelo Plano Diretor, a expansão da mancha urbana na forma de desenvolvimento comercial, industrial e residencial, é projetada para as regiões NO, L, N e SO da mancha urbana, formando um corredor SO/NO ao longo das rodovias Washington Luis (SP 310), Thales de L. P. Jr (SP 318) e Luiz A. de Oliveira (SP 215). Assim, o Plano Diretor, por meio do Zoneamento Municipal, define como áreas destinadas e adequadas para a expansão urbana as Zonas 1, 2, 3A, 4A e 4B e as Zonas 3B, 5A, 5B, 6 e 7 como inadequadas (São Carlos, 2005) (Figura 3).

A fim de elaborar análise crítica, apontando limitações na atual regulação do uso do solo municipal via Plano Diretor, bem como sugerir devidas correções e recomendações, foi elaborado o cenário atual (2006)

da expansão urbana da cidade, visando buscar adequações. Foram consideradas impróprias para uso urbano as áreas previstas para APPs de margens dos rios e de nascentes definidas pelo Código Florestal (Brasil, 1965), as áreas com declividades acima de 30% (Brasil, 1979; São Carlos, 2005), e as áreas compostas por fragmentos florestais e as áreas constituídas pela Formação Botucatu, porque segundo Zuquette (1981), Gonçalves (1986), Aguiar (1989), Nishiyama (1991) e Zuquette et al. (2009) fazem parte do sistema de recarga do Aquífero Guarani. No contexto deste estudo, destaca-se que seria permitida a ocupação urbana sobre a Formação Botucatu desde que considerado os devidos cuidados com sua vulnerabilidade à poluição.

O comparativo entre as áreas de cada zona

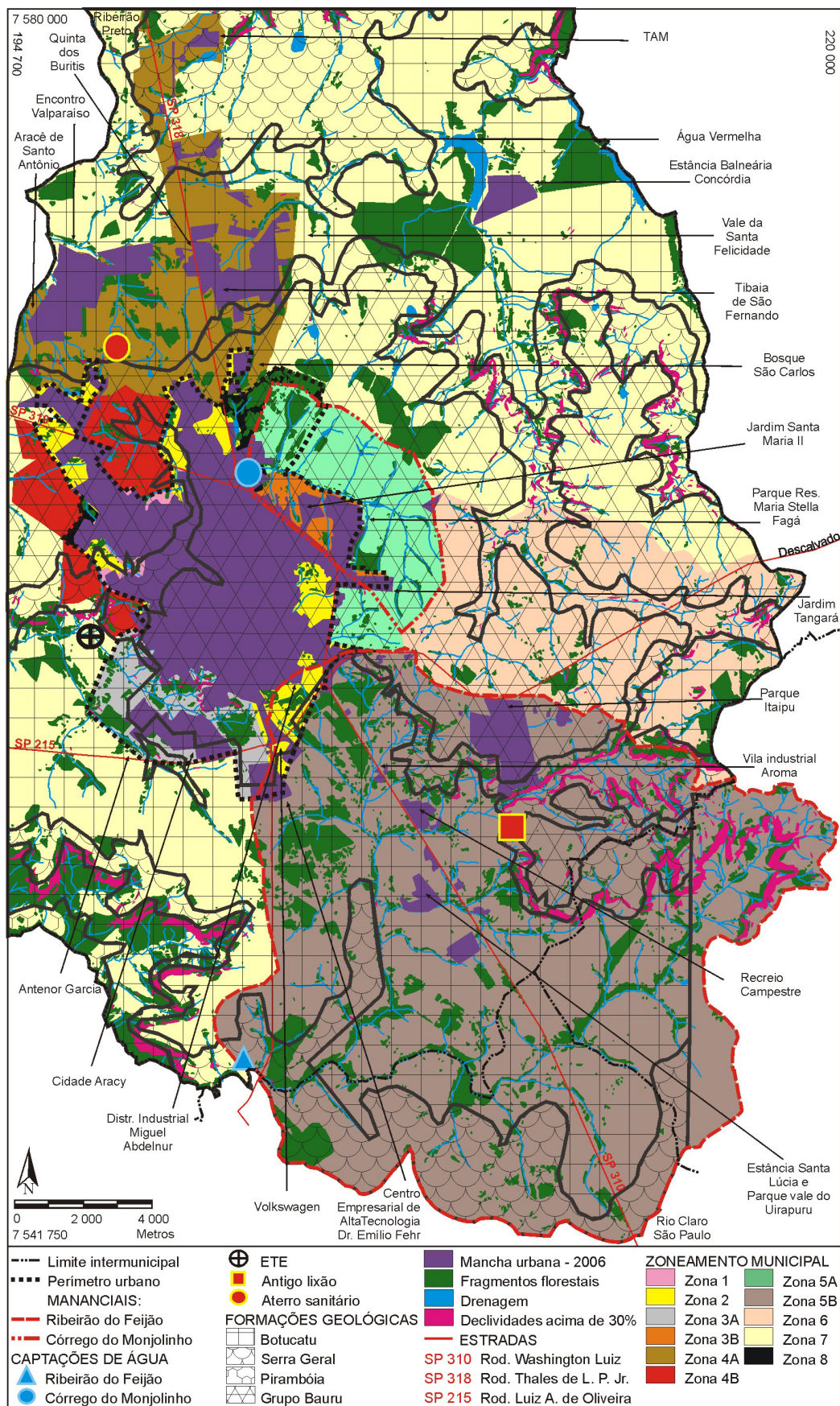


FIGURA 3. Síntese das áreas adequadas e inadequadas para expansão urbana no município de São Carlos.
 Fontes: adaptado de IBGE (1971), Zuquette (1981), Muro (2000) e São Carlos (2005).

existente retirada do plano diretor realizado em 2005 (São Carlos, 2005) com o efetivamente ocupado em 2006, permite elaborar análises e diagnóstico que mostram como a situação encontrava-se logo após a elaboração do Plano Diretor e, de maneira integrada, delinear o prognóstico de como efetivamente estará o planejamento futuro em relação às direções de crescimento e a conservação dos mananciais urbanos utilizando-se informações de uso e cobertura do solo, infraestrutura, geologia e topografia.

Assim, por meio da Figura 3 e Tabela 3 é apresentada uma síntese das áreas já urbanizadas ou

parcialmente urbanizadas em locais adequados e inadequados para serem urbanizadas. Nas Zonas adequadas 1, 2, 3A, 4A e 4B com área total de 125,7 km² e inadequadas (3B, 5A, 5B, 6, 7 e 8) com área total de 1.015,2 km², são realizadas as análises.

Para todas as zonas não foram calculados os vazios urbanos e imóveis subutilizados que podem ser aproveitados de maneira a melhor utilizar os serviços e infraestrutura já existentes. Uma das formas de viabilizar e disponibilizar as referidas áreas para ocupação seria a aplicação de um dos instrumentos previstos na lei que é o IPTU progressivo.

TABELA 3. Síntese da expansão urbana (2006) com base no Zoneamento Municipal com área do município de 1.140,9 km².

Zonas	A	B	C*	D	
adequadas	1	16,0(12,7)	15,3(95,6)	0,2(1,3)	0,5(3,1)
	2	32,9(26,2)	23,9(72,6)	2,0(6,1)	7,0(21,3)
	3A	15,7(12,5)	6,0(38,2)	5,5(35,0)	4,2(26,8)
	4A	47,0(37,4)	10,1(21,5)	20,6(43,8)	16,3(34,7)
	4B	14,1(11,2)	0,6(4,3)	2,1(14,9)	11,4(80,9)
Total	125,7(100)	55,9(44,5)	30,4(24,2)	39,4(31,3)	
inadequadas	3B	6,3(0,7)	5,3(84,1)	0,3(4,8)	0,7(11,1)
	5A	[23,0(2,3)]	[0,5(2,2)]	[-]	[-]
	5B	[120,3(11,9)]	[7,1(5,9)]	[-]	[-]
	6	61,4(7,0)	0,1(0,2)	12,9(21,0)	48,4(78,8)
	7	799,6(91,7)	3,2(0,4)	179,0(22,4)	616,7(77,2)
	8	4,6(0,5)	1,9(41,3)	1,4(30,4)	1,3(28,3)
Total	871,9(100)	10,5(1,2)	193,6(22,2)	667,1(76,6)	

A - Área total km²(%); B - Área urbanizada km² (%); C - Áreas impróprias para uso urbano km²(%); D - Áreas disponíveis para uso urbano km²(%). *APP de margens de rios, nascentes e declividade acima de 30%, fragmentos florestais, geologia da Formação Botucatu e demais; [-] 5A e 5B não entraram nos totais por serem mananciais; a 5B refere-se apenas à área pertencente ao município de São Carlos.

A Zona de Ocupação Induzida – Zona 1 possui as melhores condições de infraestrutura da cidade, além de lotes vazios e imóveis vagos e subutilizados (São Carlos, 2005). Da área de 16 km² (12,7% do total), 95,6% já é urbanizado, 1,3% impróprias para urbanização e restando apenas 3,1% ou 0,5 km² disponíveis para urbanização. Isto demonstra que a área já está praticamente esgotada para expansão. Contudo, trata-se da área central da cidade e com infraestrutura já disponível e consolidada. A pequena área disponível para ser urbanizada localiza-se junto da borda noroeste da mancha urbana.

A Zona de Ocupação Condicionada – Zona 2 é composta por áreas com predominância de uso misto do território, com grande diversidade de padrão

ocupacional. Tem como principais diretrizes prover áreas infraestruturadas para uso de habitação popular e assegurar as condições urbanísticas e ambientais adequadas para o “Distrito Industrial Miguel Abdelnur” (São Carlos, 2005). Verifica-se que a Zona 2 conta com uma área de 32,9 km² (26,2% do total). Deste, 72,6% já são urbanizadas, 6,1% de áreas impróprias e ainda 21,3% ou 7 km² de áreas disponíveis para uso urbano. Consta-se que essas áreas estão dispersas e localizadas a noroeste, oeste e a sudeste da mancha urbana, está situado o Parque Industrial Miguel Abdelnur, a fábrica de motores da Volkswagen, o Parque Tecnológico Science Park e o Centro Empresarial de Alta Tecnologia - CEAT “Dr. Emilio Fehr”.

A Zona de Recuperação e Ocupação Controlada – Zona 3A tem como diretriz garantir a diversidade de usos a fim de atrair comércio, serviços e atividades que gerem trabalho e renda, portanto, é destinada a ocupação urbana (São Carlos, 2005). Entretanto essa Zona é caracterizada pela presença de parcelamentos irregulares do solo, encostas com alta declividade e suscetível à erosão, córregos assoreados e infraestrutura precária. Verifica-se que a Zona 3A conta com uma área de 15,7 km² (12,5% do total). Deste, 38,2% já são urbanizadas, 35% de áreas impróprias e 26,8% ou 4,2 km² de áreas disponíveis para uso urbano. Situada ao sul da mancha urbana é caracterizada como uma área frágil ambientalmente, onde estão localizados os bairros Antenor Garcia e Cidade Aracy, e também pela existência de ilhas de fragmentos florestais e áreas com declividades acima de 30% ao sul da mancha urbana central. Além disso, merecem destaque os córregos da Água Quente e Água Fria, que segundo Lorandi (1985) nascem na Formação Botucatu, tal litologia cobre parte a extremidade sul desta zona sendo sobreposta por solos compostos por Areias Quartzosas Profundas excessivamente permeáveis e com alta erodibilidade. Gonçalves (1986) acentua a preocupação com a ocupação na região ao sul do perímetro urbano a partir do momento em que se percebe que a área comporta como área de recarga do aquífero profundo explorado pela cidade. Apesar de apresentar tais características, pelo Plano Diretor Municipal, é destinada ao uso misto do território, a fim de atrair comércio e serviços. Em virtude disso, a expansão urbana nessa zona potencializará os problemas relacionados à falta de vegetação ripária, enchentes, erosões e assoreamento nos córregos que a drenam, como já destacado por Pedro & Lombardi (2004) e Pons et al. (2007), refletindo no declínio da quantidade e qualidade da água desses corpos hídricos.

A Zona de Recuperação e Ocupação Controlada – Zona 4A possui áreas com fortes tendências para a expansão urbana, com concentração de novos empreendimentos imobiliários como condomínios, loteamentos, bem como outros usos relacionados ao esporte, lazer e serviços. Essa zona está próxima do aeroporto da TAM e do Aterro Sanitário Municipal, sendo restrita a ocupação nas suas proximidades (São Carlos, 2005).

Verifica-se que a Zona 4A conta com uma área de 47,0 km² (37,4% do total). Deste, 21,5% já são urbanizadas, 43,8% de áreas impróprias e 34,7% ou 16,3 km² de áreas disponíveis para uso urbano. Localizada a noroeste da mancha urbana vem cumprir sua função que a caracteriza por fortes tendências para a expansão urbana. Destaca-se que tal fato vem ocorrendo como mais uma opção de expansão da

mancha urbana para fora do manancial ao sul que visa a manutenção da quantidade e da qualidade da água do ribeirão do Feijão. A ocupação mais adequada ambientalmente é caracterizada por chácaras e lotes de maior dimensão, prevendo coeficientes de ocupação e aproveitamento do solo, de permeabilidade e o de cobertura vegetal. Aguiar (1989) ressalta que mesmo havendo alguns loteamentos já aprovados pela prefeitura, significativos espaços livres dessa região continuam sendo mantidos por grandes e tradicionais proprietários rurais a espera de maior valorização.

É nessa zona que está localizado o aterro sanitário do município de São Carlos. De acordo com Leite (1995, segundo Muro, 2000) áreas de recarga de aquífero não comportam de forma alguma o assentamento de um sítio de disposição ou aterro sanitário. Diante disto, deve-se atentar para a solução do chorume do aterro sanitário, que segundo Muro (2000) está assentado em material inconsolidado da Formação Botucatu, na profundidade compreendida entre 5 a 10 m e próximo as nascentes do córrego do Galdino, ao sul do loteamento Encontro Valparaíso entre as manchas de expansão já existentes.

Apesar de proposta como Zona de expansão urbana, caso não sejam planejado e executados sistemas de tratamento de esgoto, verifica-se que os impactos negativos são direcionados para os rios que escoam sobre extensas áreas da Formação Botucatu a norte da mancha urbana. Fato este, que compromete a qualidade da água que servirá de recarga para o Aquífero Guarani. Além disso, esses rios poderão receber lançamentos clandestinos de esgoto *in natura*, já que a atual Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) está localizada na bacia hidrográfica do rio Monjolinho/Jacaré-Guaçu a sudoeste da mancha urbana e, com isso, vem a dificultar o tratamento do esgoto (Figura 3).

A Zona de Recuperação e Ocupação Controlada – 4B, em função da proximidade do Campus II da Universidade de São Paulo USP e por possuir infraestrutura urbana já instalada, se caracteriza pelo potencial de expansão urbana (São Carlos, 2005). Verifica-se que a Zona 4B conta com uma área de 14,1 km² (11,2% do total). Deste, 4,3% já são urbanizadas, 14,9% de áreas impróprias e 80,9% ou 11,4 km² de áreas disponíveis para uso urbano. Localizada já dentro da bacia do rio Tietê, pela proximidade com a região leste da mancha urbana, essa zona apresenta forte tendência para a urbanização. Entretanto, na extremidade sul existe rios que irão escoar sobre áreas compostas pela Formação Botucatu e demais formações, além de declividades acima dos 30%. Essas características inviabilizam a expansão urbana no extremo sul da referida zona, sendo necessá-

ria revisão do atual Plano Diretor, a fim de corrigir os limites dessa zona.

A priori, as águas superficiais não representariam uma fonte de poluição significativa para os lençóis subterrâneos, visto serem estes que alimentam constantemente as águas que percorrem os riachos e mantém o nível de lagos e reservatórios superficiais. Entretanto, é sabido que sob condições especiais de bombeamento intenso, afloramento de formações permeáveis perto de rios e lagos e em torno de represas, em regime hidrológico invertido por bombeamento de poços, pode ocorrer infiltração no sentido inverso (Gonçalves, 1986).

Segundo Dupas (2001) e Costa (2010), para o período de 1989 a 2009 a captação de água superficial da cidade de São Carlos-SP decresceu 20,5%, passando dos 594 L/s para 472,3 L/s, enquanto que a exploração de fontes subterrâneas teve um incremento de 684,2% passando dos 56 L/s para 439,2 L/s. Em 2009 as bacias hidrográficas mananciais do córrego do Monjolinho (225,9 L/s) e do ribeirão do Feijão (246,3 L/s) eram responsáveis pelo fornecimento de 51,8% (472,3L/s) da água consumida (911,4 L/s), o restante, 48,2% (439,2 L/s) era retirado em 21 poços profundos no Aquífero Botucatu. Este cenário evidencia uma mudança no modelo de exploração dos recursos hídricos, que antes era baseado em fontes superficiais e ora se mostra dependente da exploração de fontes subterrâneas orientado na abundância, facilidade de exploração e baixos custos de tratamento de águas subterrâneas, o que, sem dúvida, contribui e privilegia a degradação, poluição e não a conservação dos mananciais de água superficial.

A seguir são analisadas as áreas inadequadas para expansão urbana. A crítica a fazer se deve ao fato de que Zona de Recuperação e Ocupação Controlada – Zona 3B está localizada na área do manancial de do córrego do Monjolinho, sendo restrita a ocupação como eixo de expansão urbana (São Carlos, 2005). Verifica-se que a Zona 3B conta com uma área de 6,3 km² (0,7% do total). Deste, 84,1% já são urbanizadas, 4,8% de áreas impróprias e 11,1% ou 0,7 km² de áreas disponíveis para uso urbano. Como característica, essa zona agrega afluentes do rio do Monjolinho, os quais a mancha urbana está envolvendo gradativamente, evidenciando descumprimento do Código Florestal (Brasil, 1965), do próprio Plano Diretor (São Carlos, 2005) e da Lei Estadual de Proteção aos Mananciais (São Paulo, 1997), provocando sérios danos para a qualidade da água desse manancial. Além de infringir as leis existentes e prejudicar o abastecimento urbano futuro, a bacia hidrográfica já é quase que integralmente desmatada e utilizada para pastagem, avicultura e expansão urbana. Este cenário, em curto espaço de

tempo, poderá condenar o manancial com despejos das águas pluviais urbanas, esgotos domésticos e industriais. Destaca-se que para manutenção do manancial será necessário adoção de política de não expansão urbana para dentro do manancial e monitoramento ambiental da bacia hidrográfica.

As Zonas de Proteção e Ocupação restrita - 5A e 5B apresentam restrições ao crescimento urbano, tendo como principal diretriz promover a proteção e a recuperação da qualidade e da quantidade de águas superficiais que compõem os mananciais de abastecimento público (São Carlos, 2005). As referidas Zonas, por se tratarem de mananciais de grande importância para a cidade e município, tanto as áreas impróprias para uso urbano bem como as áreas disponíveis à urbanização, não serão consideradas por se enquadrarem como restritas à expansão da mancha urbana.

A Zona 5A é caracterizada por ser área de proteção e preservação do manancial do rio do Monjolinho, além disso, essa zona também conta com nascentes do córrego do Gregório. Com suas nascentes na região de planalto, a bacia hidrográfica do Monjolinho superior drena parte da área urbana. A captação de água se dá próximo ao campus da Universidade Federal de São Carlos. Verifica-se que a Zona 5A conta com uma área de 23,0 km² (2,3% do total) sendo 2,2% já são urbanizadas. Observa-se a formação de novos núcleos urbanos a nordeste dessa zona, bem como no extremo sul, influenciado pela proximidade da rodovia Luiz Augusto de Oliveira (SP 215) que contorna a borda inferior da mancha urbana, no sentido leste/oeste. Deve-se atentar que esses novos núcleos urbanos sinalizam novas frentes de expansão urbana em áreas de mananciais, devendo ser fiscalizadas pelo executivo municipal, a fim de conter este avanço.

A Zona 5B é caracterizada por ser área de proteção e preservação do manancial do ribeirão do Feijão. Dos 222,7 km² da área da bacia hidrográfica apenas 120,3 km² (11,9% do total) do manancial pertence ao município de São Carlos. Os restantes 102,4 km² fazem parte dos municípios de Analândia e Itirapina. Dos 120,3 km² do manancial pertencentes ao município de São Carlos, verifica-se que a Zona 5B conta com 5,9% já urbanizados. A captação de água se dá próximo a sua foz, no rio Jacaré-Guaçu, do qual é afluente.

Segundo dados levantados de Zuquette (1981), Gonçalves (1986), Aguiar (1989), Nishiyama (1991), Muro (2000) e Zuquette et al. (2009), o aquífero de maior importância na região ocorre nas unidades geológicas sedimentares, sendo a Formação Botucatu o principal reservatório. Na porção mapeada, o setor sul aparece como principal área de recarga, onde o

ribeirão do Feijão corre de nordeste para sudoeste e de leste para oeste sobre solo formado por sedimentos arenosos inconsolidados da Formação Botucatu no seu curso médio.

As características naturais desses mananciais fazem com que seja considerado altamente vulnerável quanto à contaminação de águas superficiais e subterrâneas não devendo ser ocupada para fins urbanos, contrariando também, e da mesma forma que no manancial do Monjolinho, as leis existentes e os resultados dos trabalhos científicos já realizados na área.

No entanto, como toda via pública é um fator de indução à ocupação, pode-se observar pela Figura 3 a criação de núcleos urbanos ao longo da rodovia Washington Luiz (SP 310) que corta esse manancial no sentido interior sudeste/noroeste. Já o mesmo acontece ao norte do manancial pela proximidade da Luiz Augusto de Oliveira (SP 215). Esses núcleos urbanos sugerem também nova frente de expansão urbana, devendo ser fiscalizados pelo executivo municipal a fim conter o avanço. Além disso, constata-se que o Parque Industrial Miguel Abdelnur, o Parque Tecnológico Science Park e o Centro Empresarial de Alta Tecnologia - CEAT "Dr. Emilio Fehr", pelo Plano diretor Municipal, fazem parte da Zona 2. Na realidade, estão inseridos dentro do manancial do Feijão, ultrapassando inclusive o perímetro urbano.

Esse cenário faz com que aumentem os problemas como poluição pontual, provocada pelo possível lançamento de efluentes industriais nos corpos hídricos e também poluição difusa provocada pelas águas pluviais, refletindo no declínio da quantidade e qualidade da água superficial e subterrânea desse manancial.

A Zona de Produção Agrícola familiar – Zona 6 é caracterizada por pequenas propriedades rurais baseadas na agricultura familiar, com produtividade diversificada; não é destinada para fins urbanos pois possui solos com permeabilidade próxima da condição natural; região de nascentes de importantes rios regionais, tendo que ser privilegiado a proteção e recuperação dessas nascentes (São Carlos, 2005). Verifica-se que a Zona

6 conta com uma área de 61,4 km² (7% do total). Deste, 0,2% já são urbanizadas, 21,0% de áreas impróprias e 78,8% ou 48,4 km² de áreas que ainda não foram ocupadas pela mancha urbana. Constata-se que os pequenos núcleos urbanos localizados ao longo da rodovia Luiz Augusto de Oliveira (SP 215), em áreas ao sul da Zona 5A e ao norte da Zona 5B, evidenciam tendência de crescimento ao longo da rodovia em direção a Zona 6, podendo essa zona ser o alvo para empreendimentos imobiliários futuros. Isso leva à necessidade de planejar locais de preservação futura para que mananciais urbanos sejam disponibilizados à população.

A Zona de Uso Predominantemente Agrícola – Zona 7 é caracterizada pela produção agrícola; abundância de recursos hídricos; diversidade de solos e de estrutura fundiária; predomínio da agroindústria: sucroalcooleira, citrícola, láctea, de carne bovina e de avicultura de corte; áreas de grande potencial de lazer e turismo, cachoeiras e propriedades históricas não sendo destinada para fins urbanos (São Carlos, 2005). As áreas abrangidas pela Zona 7 localizam-se ao norte e ao sul do município de São Carlos. Verifica-se que na área de estudo, e não na totalidade do município, a referida Zona possui 799,6 km² (78,7% do total). Deste, 0,4% já são urbanizadas, 22,4% de áreas impróprias e 77,2% ou 616,7 km² de áreas que ainda não foram urbanizadas. Destaca-se a presença de condomínios como o Estância Balneária Concórdia a nordeste da área de estudo, sobre litologia da Formação Botucatu, podendo prejudicar a qualidade da água de recarga do Aquífero Guarani.

A Zona 8 incorpora os Campi Universitários contíguos a malha urbana (UFSCar - Universidade Federal de São Carlos e USP - Universidade de São Paulo). Verifica-se que esta Zona conta com uma área de 4,6 km² (0,5% do total). Deste, 41,3% já são urbanizadas, 30,4% de áreas impróprias e 28,3% de áreas disponíveis para expansão das universidades. Estas áreas estão localizadas ao norte e leste da mancha urbana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento desordenado de uma cidade induz a consequências danosas em variados compartimentos sócioambientais. Para minimizar tais episódios, quando existentes, as leis devem ter como objetivo regular e atender à população. Contudo, as leis elaboradas e não cumpridas penalizam as comunidades que dependem dos recursos naturais, por exemplo, casos que induzem a escassez de água. Também quando não cumprida para o fim planejado via Planos Diretores urbanos,

impulsionam às situações de desordem futura na infraestrutura e andamento da vida urbana, sendo que, em muitos casos, o executivo municipal passa a ser o agente fomentador da desorganização. As implicações no avanço do crescimento urbano desordenado atingem os mananciais superficiais e/ou subterrâneos com diversos e variados graus de impactos proporcionando a inviabilização de projetos industriais, de crescimento urbano e populacional.

A grande gama de variáveis interdependentes dispostas e determinadas na estruturação do Plano Diretor Municipal não permite que no futuro as ações do executivo municipal sejam implantadas de forma fragmentada. Por exemplo, dentro do Plano Diretor, a criação de indicadores que relacionem os vazios urbanos e os imóveis vagos e subutilizados devem ser contabilizados para análise do saldo das áreas disponíveis para serem ocupadas é essencial. No caso de São Carlos a subutilização dos vazios urbanos determina a necessidade de expandir os limites do perímetro urbano atual, o que induz a ocupação de novas áreas que, muitas vezes, são mananciais. Segundo Dozena (2001) e Dupas (2001) São Carlos apresenta muitos terrenos ociosos, sendo que o poder dos especuladores imobiliários evidencia-se à medida que o poder público “opta” pela urbanização de locais distantes, não se utilizando dos terrenos já servidos por infraestrutura.

O Plano Diretor Participativo de São Carlos prevê que todo território do município poderá ser habitacional, destinado a moradia; não habitacional destinado ao exercício de atividades comerciais e industriais ou mistos, desde que atendidas às restrições quanto a atividades geradoras de impactos e de incômodos. Deste modo, o Plano Diretor restringe, porém não proíbe o uso do solo para fins urbanos nas Zonas 3B, 5A e 5B, que se caracterizam por serem áreas de proteção e preservação dos mananciais do rio do Monjolinho e do ribeirão do Feijão.

De acordo com Lei Estadual de Proteção dos Mananciais e com o Plano Diretor Municipal, as Zonas 3B, 5A e 5B devem ser protegidas por serem áreas de mananciais, no entanto, observa-se que em 2006 a mancha urbana continua avançando sobre os mananciais, sugerindo supervisão inadequada por parte do executivo municipal. Evidenciando também pressões e interesses dos loteadores em detrimento aos interesses da população (Costa, 2010).

Do total das áreas adequadas para expansão urbana que podem ser ocupados (Zonas 1, 2, 3A, 4A e 4B) que totaliza 125,7 km², 55,9 km² (44,5%); já está ocupada pela mancha urbana. As áreas impróprias para uso urbano representam 30,4 km² (24,2%) e restando um saldo de 39,4 km² (31,3%) para ser

urbanizado (Tabela 3). Estes números mostram que mesmo sendo retiradas as áreas impróprias, ainda restam 31,3% da área total para expansão urbana. Feito levantamento dos vazios urbanos e somados aos 39,4 km², devido às consequências de um perímetro urbano maior que o necessário, será que o hoje disponibilizado já não é grande demais?

Destaca-se que mesmo sendo considerada adequada à expansão urbana, a referida área deve ser tratada tecnicamente com atenção por regionalmente ter uma geologia desfavorável à ocupação urbana e característica de manancial com importância regional. Estas variáveis associadas à topografia, à baixa densidade de áreas com cobertura vegetal, à alta rede de drenagem, torna a região suscetível ambientalmente. Portanto, as regiões já ocupadas e em vias de ocupação urbano/industrial devem obedecer a critérios e padrões técnicos rígidos de maneira a melhorar a sustentabilidade em termos de minimização de enchentes, redução da contaminação de aquíferos superficiais e subterrâneos, ampliação das áreas verdes, dentre outros.

É necessário ressaltar que Costa (2010) prevê um aumento de 93,6% da mancha urbana da cidade de São Carlos para o ano de 2050, ou seja, deverá duplicar seu tamanho em 40 anos. Portanto, o planejamento de novas áreas de expansão deve ser realizado imediatamente. Em um cenário agressivo, pode ser levado em conta o fato de que o governo local muitas vezes relaxa o controle sobre o crescimento da mancha urbana e o uso do solo do entorno, esquecendo-se de integrar o urbano com o rural, assim permitindo projetos simplificados de loteamentos, cuja intenção é atrair ou beneficiar novos investidores, em um esquema de “construções indesejáveis”.

Como exemplo de outras cidades que já apresentam problemas com de escassez de água como Ribeirão Preto, Bauru e tantas outras, a não preservação dos mananciais superficiais atuais (qualidade e quantidade), em conjunto com a exploração ilimitada e contaminação das fontes subterrâneas, pode levar a cidade de São Carlos, em breve, a um cenário de escassez hídrica.

Em São Carlos, como em qualquer bacia hidrográfica ou região, a água precisa ser considerada como direito humano e do cidadão.

RECOMENDAÇÕES

- a) Não permitir crescimento urbano em direção aos mananciais. As áreas urbanas limítrofes aos mananciais também deverão ser monitoradas constantemente.
- b) Estimular a retirada da área de entorno às indús-

trias que comprometam o manancial do Feijão. Recomenda-se que o Plano Diretor Municipal seja revisto, a fim de alocar as áreas industriais (Zona 2) em locais onde ofereçam menores riscos ambientais, pois é desaconselhada a expansão de

- distritos industriais nessa área.
- c) No manancial do Feijão as áreas industriais existentes devem receber do planejamento atenção para que sejam transferidos os esgotos e águas pluviais para a bacia do rio Monjolinho onde está localizada a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE).
 - d) Como o crescimento urbano está direcionado para as regiões norte, nordeste, noroeste e sudoeste, deve-se prever novos mananciais superficiais nessas regiões a fim de servirem como reservas d'água. Neste eixo de expansão, atentar para que as bacias que não têm sistema de coleta e tratamento de esgoto recebam ETE, como por exemplo, na bacia que drena para o rio Mogi-Guaçu.
 - e) Para as bacias hidrográficas mananciais deverão ser desenvolvidos estudos pontuais de zoneamento a fim de melhorar a qualidade e a quantidade de água por meio da recuperação de áreas degradadas, de substituição de agricultura e pecuária intensivas por agricultura orgânica, recuperação de mata ciliar e plantio de vegetação adequada em locais de declividade acentuada com aplicação de terraceamento.
 - f) Por estar localizado em área com formações geológicas de grande permeabilidade, entre as manchas de crescimento urbano e nascentes de rios o aterro sanitário deverá deslocado para outra área mais adequada.
 - g) Devem ser estabelecidos procedimentos para minimizar os impactos negativos de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas provocados pela disposição inadequada de resíduos sólidos (no passado) no manancial do Feijão (Figura 3 na Zona 5B).
 - h) Por já ocorrerem acidentes com veículos de transportes, é mostrado que a SP 310 e outras rodovias que cruzam os mananciais oferecem riscos para o abastecimento público e industrial devido à possível contaminação no manancial superficial e subterrâneo com o derramamento de produtos químicos. Para o superficial, a contaminação local e regional resultará na imediata paralisação no abastecimento de água tanto para uso de aproximadamente metade da população urbana bem como para indústrias, trazendo sérios prejuízos econômicos e ambientais. Para o subterrâneo, os prejuízos poderão alcançar escala regional, pois a bacia e seu entorno é intensamente explorada economicamente com pecuária, avicultura, irrigação agrícola e piscicultura que dependem da qualidade da água de poços profundos. Assim, sistemas de prevenção deverão ser planejados em casos de acidentes com derramamento de produtos químicos.
 - i) De igual importância seria remunerar os produtores de água por meio da criação de “fazendas da água”, atingindo a consonância entre a sustentabilidade da propriedade rural, crescimento urbano e proteção dos recursos hídricos (Dupas, 2001; Cunha et al., 2011).
 - j) Considerar que nesse cenário de pensamento local e não regional em relação ao manancial do Feijão indica que o Plano Diretor poderá ter poucos resultados na conservação, preservação e proteção dos recursos hídricos, pois a bacia hidrográfica é dividida por três municípios, São Carlos, Analândia e Itirapina. Neste sentido, é necessária adoção de medidas por parte do executivo desses municípios a fim proporcionarem o manejo integrado dos recursos hídricos para se habilitarem ao futuro com disponibilidade de água, integrando, inclusive, as bacias do Itaqueri (Represa do Lobo) ao sistema do Feijão por meio de interligação por um curto canal (Dupas, 2001).
 - k) Para as Zonas 5A e 5B, a prevenção para instalação de qualquer empreendimento imobiliário, industrial e demais deve passar pela adoção de critérios na solicitação de licença de instalação que obedçam a padrões adequados a um manancial, evitando, assim, impactos que comprometam a qualidade da bacia hidrográfica.
 - l) Nos novos empreendimentos imobiliários deverá ser adotado um conjunto de ações a fim de minimizar a superfície impermeável e maximizar a quantidade de vegetação, principalmente de espécies nativas. Isto promove a infiltração de água e também reduz as enchentes. Além disso, técnicas de jardinagem e gramados devem ser incentivadas a fim de diminuir a taxa de escoamento, bem como reduzir a afluência de nutrientes na enxurrada, evitando a eutrofização de rios e lagos (CWP, 2003; Paes et al., 2010; Dupas, 2009; Schueler et al., 2009). Visando ajudar a proteger a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos urbanos, em todas as etapas (do planejamento ao monitoramento) a supervisão adequada do executivo municipal e da população via Plano Diretor é essencial.
 - m) Destaca-se que a densidade demográfica deve aumentar no perímetro urbano. O perímetro urbano deverá ser reestudado em função da taxa de vazios hoje existentes na mancha urbana atual. A redução do perímetro urbano trará grandes benefícios aos cofres públicos, pois permitirá reduzir os gastos com infraestrutura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro, à FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento para o processo 98/10924-3 vinculado ao Instituto Internacional de Ecologia de São Carlos e com colaboração da UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá, UEL - Universidade Estadual de Londrina e a UFSCar - Universidade Federal de São Carlos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, R.L. **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos – SP: Contribuição ao planejamento.** São Carlos, 1989. 127 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.
2. BRASIL. Lei nº 4.771. Institui o **Novo Código Florestal.** Brasília, DF, 15 de novembro de 1965.
3. BRASIL. Lei nº 6.766. Dispõe sobre o **Parcelamento do Solo Urbano.** Brasília, DF, 19 de dezembro de 1979.
4. CARNEIRO, P.R.F. **Controle de inundações em bacias metropolitanas considerando a integração do planejamento do uso do solo à gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia dos rios Iguapé/Sarapuá na região metropolitana do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2008. 296 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
5. CARTER, N.; KREUTZWISER, R.D.; LOE, R.C. Closing the circle: linking land use planning and water management at the local level. *Land Use Policy*, n. 22, p. 115-127, 2005.
6. CEPAGRI – CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: < <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acessado em: 17jan2012.
7. CONWAY, T.M. & LATHROPET, R.G. Alternative land use regulations and environmental impacts: assessing future land use in an urbanizing watershed. *Landscape and Urban Planning*, v. 71, p. 1-15, 2005.
8. COSTA, C.W. **Expansão da mancha urbana e suas consequências sobre mananciais do rio do Monjolinho e ribeirão do Feijão da cidade de São Carlos, SP.** Itajubá, 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, Universidade Federal de Itajubá.
9. CWP – CENTER FOR WATERSHED PROTECTION. **Impacts of impervious cover on aquatic systems,** CWP, USA, Ellicott City, 142 p., 2003.
10. DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** Folhas: Campinas SF-23-Y-A e Ribeirão Preto SF-23-Y-C. São Paulo, 1982.
11. DOZENA, A. **São Carlos e seu “desenvolvimento”: contradições urbanas de um pólo tecnológico.** São Paulo, 2001. 160 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo.
12. DUPAS, F.A. **Crescimento Urbano e suas Implicações Ambientais: Redirecionamento de cidades de médio porte utilizando as variáveis ambientais, sensoriamento remoto e SIG - Estudo do caso de São Carlos, SP.** São Carlos, 2001. 64 p. Tese (Pós-Doutoramento em Planejamento Urbano e Regional) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.
13. DUPAS, F.A. Diretrizes Preliminares para Redução do Escoamento Superficial em Bacia Hidrográfica Utilizando Técnica de Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI) - Córrego Judas, São Paulo. **Relatório Final de Projeto,** Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da Cidade de São Paulo, 35 p., 2009.
14. FREITAS, A.L.S. **Caracterização do Aquífero Botucatu na região do lixão de São Carlos.** São Carlos, 1996. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – EESC, Universidade de São Paulo.
15. GONÇALVES, A.R.L. **Geologia ambiental da área de São Carlos.** São Paulo, 1986. 138 p. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
16. HENKE-OLIVEIRA, C. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes.** São Carlos, 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos.
17. IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Carta pedológica da quadricula de São Carlos.** Folhas SF.23-Y-A-I. (1981); SF.23-V-C-IV. (1982) Escala 1:100.000.
18. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cartas topográficas.** Folhas SF 23-Y-A-I-1, SF-23-Y-A-I-2, SF-23-V-C-IV-3, SF-23-V-C-IV-4. Escala 1:50.000, 1971.
19. JANSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres.** São José dos Campos, 598 p., 2009.
20. JAT, M.K.; GARG, P.K.; KHARE, D. Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 10, n. 1. p. 26-43, 2008.
21. LERNER, D.N. & HARRIS, B. The relationship between land use and groundwater resources and quality. *Land Use Policy*, v. 26, supl. 1, p. 265-273, 2009.
22. LORANDI, R. **Caracterização dos solos das áreas urbana e suburbana de São Carlos (SP) e suas aplicações.** Piracicaba, 1985. 181 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
23. MARTINE, G. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos da População*, v. 24, n. 2, p. 181-190, São Paulo, 2007.
24. MURO, M.D. **Carta de zoneamento para seleção de áreas frente à instalação de aterros sanitários no município de São Carlos-SP.** São Carlos, 2000. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.
25. NIELSEN-PINCUS, M.; GOLDBERG, C.S.; POCEWICZ, A.; FORCE, J.E.; WAITS, L.P.; MORGAN, P.; VIERLING, L. Predicted effects of residential development on a northern Idaho landscape under alternative growth management and land protection policies. *Landscape and Urban Planning*, v. 94, n. 3 e 4, p. 255-263, 2010.

26. NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos – SP**. São Carlos, 1991. 228 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.
27. PAES, F.S.; DUPAS, F.A.; SILVA, F.G.B.; PEREIRA, J.C.D. Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 4, p. 589-601, 2010.
28. PEDRO, F.G. & LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 56/01, p. 28-33, 2004.
29. PONS, N.A.D.; PEJON, A.J.; ZUQUETTE, L.V. Use of geoprocessing in the study of land degradation in urban environments: the case of the city of São Carlos, state of São Paulo, Brazil. **Environmental Geology**, v. 53, n. 4, p. 727-739, 2007.
30. ROLNIK, R. La democracia em el filo de La navaja: limites y posibilidades para la implementación de una agenda de reforma urbana em Brasil. **Eure**, Sección Artículos, v. 25, n. 104, 2009.
31. SÃO CARLOS. **Plano Diretor Municipal de São Carlos**. Texto extraído do site oficial da Prefeitura Municipal de São Carlos/SP: Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/plano-diretor.html>>. Acessado em 4jan2012.
32. SÃO PAULO. **Lei nº 9.866**. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do estado de São Paulo. São Paulo, SP, 28 de novembro de 1997.
33. SÃO PAULO. **Situação dos recursos hídricos no Estado de São Paulo**: ano base 2007. Secretaria do Meio Ambiente; Coordenadoria de Recursos Hídricos. São Paulo: SMA/CRH, 149 p., 2009.
34. SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Dados de população. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=tabela>>. Acessado em: 20jan2012.
35. SCHUELER, T.; FRALEY-MCNEAL, L.; CAPIELLA, K. Is Impervious Cover Still Important? Review of Recent Research. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 14, n. 4. p. 309-315, 2009.
36. TUCCI, C.E.M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Águas da América Latina - REGA**, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008.
37. TUNDISI, J.G.; TUNDISI, M.T.; DUPAS, F.A.; SOUZA, A.T.S.; SHIBATTA, O.A. Uso atual e potencial do solo no município de São Carlos, SP – base do planejamento urbano e rural. Instituto Internacional de Ecologia. FAPESP – **Relatório Final** de projeto de Políticas Públicas – Processo 98/10924-3, 2007.
38. WEATHERHEAD, E.K. & HOWDEN, N.J.K. The relationship between land use and surface water resources in the UK. **Land Use Policy**, v. 26, n. 1, p. 243-250, 2009.
39. ZUQUETTE, L.V. **Mapeamento geotécnico preliminar na região de São Carlos**. São Carlos, 1981. 86 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.
40. ZUQUETTE, L.V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. São Carlos, 1987. 673 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – EESC, Universidade de São Paulo.
41. ZUQUETTE, L.V.; PALMA, J.B.; PEJON, O.J. Methodology to assess groundwater pollution conditions (current and pre-disposition) in the São Carlos and Ribeirão Preto regions, Brazil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 68, n. 1, p. 117-136, 2009.

*Manuscrito Recebido em: 17 de janeiro de 2011
Revisado e Aceito em: 14 de maio de 2012*