

Mudanças no uso da terra e escoamento em bacias hidrográficas pelo método SCS.

Alexandre Catania Greco de Oliveira ¹
Edson Luís Piroli ¹

¹ UNESP
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”
Caixa Postal: 19.910-206 - Ourinhos –SP
alexandre.catania@gmail.com
piroli@ourinhos.unesp.br

Abstract

The present study mapped the use of the land in urban micro watersheds of Piraju city, SP, utilizing the IBGE’s classification system with geoprocessing techniques, relating its usage with the SCS model, which is used for simulating flood hydrograms and establishing risk of flooding. The results demonstrated that there was alteration of the flood hydrograms, increasing the surface runoff according the urbanized area was increased too.

Keywords: remote sensing, GIS techniques, urban watersheds, SCS model

1. Introdução

A área objeto deste estudo está localizada no município de Piraju, que apresenta características peculiares no que tange a exploração dos recursos naturais, uma vez que possui três usinas hidrelétricas construídas, com projeto para construção de uma quarta dentro dos limites do município. Esse potencial energético revela uma característica importante para os estudos do presente trabalho, pois hidrelétricas normalmente são construídas em áreas de relevo acidentado, aproveitando os desníveis para a instalação das UHEs potencializando a energia produzida. As características do relevo indicam também os riscos que os recursos naturais, e conseqüentemente a população do município, que é uma Estância Turística, correm. Estes riscos têm sido potencializados pelas mudanças no uso e na cobertura da terra, que tem sido implantadas com intensidades cada vez maior. A principal alteração observada é a ampliação da área urbana, com a conseqüente impermeabilização do solo, diminuição da infiltração e aumento do escoamento superficial.

O processo de produção do espaço geográfico, notadamente o urbano, pressupõe abrupta transformação da paisagem e profundas alterações dos ecossistemas originais. Nesse ínterim, do ponto de vista ambiental, o urbano se materializa caracterizado pela intensa impermeabilização dos solos, dizimação parcial ou completada cobertura vegetal original, canalização de córregos, formação de terraços e fundos de vale tecnogênicos, ocupações indevidas em áreas de risco às inundações e movimentos de massa, contaminação e mobilização dos solos, erosões, dentre outros. Desta forma, são nas áreas urbanas que os processos decorrentes da ação transformadora, socialmente produzida, do homem sobre a natureza, se concentram e intensificam (PELOGGIA, 1997, p.256).

A partir desta constatação se pode afirmar que o monitoramento e a análise da mudança do uso da terra podem ajudar a melhorar a qualidade e a quantidade dos recursos disponíveis à população e auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas para conservação da qualidade ambiental. Para as avaliações deste trabalho foram utilizadas imagens dos satélites da série Landsat, disponíveis gratuitamente no site do INPE (Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais) e também no site da NASA (Agência Espacial Norte Americana) através da USGS (Agência de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos).

Estas imagens são fundamentais neste tipo de análise, pois de acordo com o Manual técnico de uso da terra do IBGE:

com a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto para a interpretação analógica de fotografias aéreas e imagens na identificação de padrões de uso da terra, inicia-se uma nova fase, na qual o avanço da tecnologia espacial, com as técnicas de geoprocessamento, caracterizou o momento da disponibilidade de produtos de satélites imageadores da terra como marco de uma nova era dos estudos do Uso da Terra, pois ao mesmo tempo em que lhe dá uma nova metodologia de pesquisa, revela a concepção teórica que orienta a apreensão espacial e temporal do uso da terra no seu conjunto para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local.” (IBGE, 2013, p. 27).

Para que as análises fossem feitas de maneira adequada, foi necessário determinar as bandas do satélite utilizadas para elaboração da composição colorida, base para o estudo. Neste caso, são necessários critérios que tendem a contribuir para obtenção dos melhores resultados. A primeira faixa espectral da composição colorida deve conter segundo Ponzoni:

a região do infravermelho próximo (0,72 – 1,10 μm): Nesta região ocorre absorção pequena da radiação e considerável espalhamento interno da radiação da folha. A absorção da água é geralmente baixa nessa região, enquanto que a reflectância é quase constante. Gates et al. (1965) concluíram que a reflectância espectral de folhas nessa região do espectro eletromagnético é o resultado da interação da energia incidente com a estrutura do mesófilo¹... De maneira geral, quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente, e conseqüentemente, maiores serão também os valores dos Fatores de Reflectância²,” (PONZONI, 2010 – pg. 19).

Para não alterar drasticamente o fator de reflectância bidirecional procurou-se analisar imagens em épocas semelhantes, pois os ângulos de incidência da fonte (Sol) e os ângulos zenital e azimutal do sensor foram preservados, por isso além de escolher imagens sem nuvens e defeitos de geração, os estudos deste trabalho foram limitados aos anos de 1986 e 2013, pois estas são as imagens que atendem esses critérios preservando a qualidade do dado produzido.

Ocorre fator de reflectância bidirecional quando existem duas geometrias envolvidas no processo de interação entre a radiação eletromagnética e uma dada superfície de um recurso natural, sendo uma caracterizada pelos ângulos zenital e azimutal da fonte (geometria de incidência) e a outra caracterizada pelos ângulos zenital e azimutal do sensor (geometria de visada) (PONZONI, 2010, p. 16).

Outro fator importante na análise de produtos do sensoriamento remoto referente ao uso da terra diz respeito ao comportamento das plantas em resposta à radiação recebida. Considerando que a quantidade de água também interfere no seu comportamento espectral, foram escolhidas imagens do final de julho e início de agosto dos anos de 2013 e 1986, por serem os mais secos na região.

Para a escolha da segunda banda a ser utilizada no trabalho considerou-se que

Na região do infravermelho médio, a dinâmica da reflectância do dossel hipotético seria semelhante àquela verificada para a região do visível. Entretanto, o que explicaria a diminuição da reflectância em função do aumento de número de camadas seria o aumento da oferta de água no conjunto como um todo, análogo à maior oferta de pigmentos fotossintetizantes na região do visível.(Ponzoni, 2010 – pg.26).

¹ Fatores externos à folha, como disponibilidade de água, por exemplo, podem causar alterações na relação água-ar no mesófilo (onde ocorrem os principais processos fisiológicos dos vegetais), podendo alterar quantitativamente a Reflectância de uma folha nesta região.(Ponzoni, 2010 p. 19)

² Expressão da propriedade de um determinado objeto em refletir a radiação eletromagnética incidente sobre ele. (Ponzoni, 2010, p. 16).

O infravermelho próximo atende as necessidades iniciais, porém devido ao IAF máximo (índice de área foliar) não ser atingido na maioria das culturas e sua influência agir também no infravermelho médio, definiu-se esta banda como parte da composição. O infravermelho médio na composição, também representa uma análise do “ponto de saturação³” do infravermelho próximo que pode ocultar o crescimento da vegetação (surgimento de novas folhas) das áreas estudadas, permanecendo inalterado na sua máxima, o que por sua vez, deverá estar representado no infravermelho médio.

A terceira banda escolhida visou maior qualidade do dado obtido. Para 1986 continuou-se com a do infravermelho médio e para 2013 utilizou-se a pancromática de 15 metros que melhora significativamente a qualidade da imagem como pode ser observado abaixo.

As análises relativas aos hidrogramas foram feitas utilizando-se o modelo SCS, que de acordo com Tucci (2005)

Foi apresentado pelo Soil Conservation Service em 1975 e tem sido utilizado para simulação de hidrogramas de cheias de projetos de obras hidráulicas bem como para o estabelecimento de risco de enchente para um determinado local. O modelo tem sido muito utilizado em todo o mundo pelo reduzido número de parâmetros e pela relação entre os parâmetros e as características físicas das bacias. O modelo não foi desenvolvido com o compromisso de representar um evento em específico, mas para estimar o hidrograma de projeto (vazão máxima) com determinado risco (TUCCI, 2005, p. 285).

2. Objetivos

Identificar as mudanças ocorridas no uso da terra nas microbacias hidrográficas urbanas da cidade de Piraju, qualificar e quantificar suas características e avaliar seus impactos sobre a drenagem e solo, buscando explicações sobre suas causas e consequências usando-se imagens classificadas e o método SCS.

3. Material e procedimentos metodológicos

Na execução desta pesquisa, foram aplicadas técnicas cartográficas para elaboração dos mapas, e técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para a interpretação e o cruzamento dos dados. Os SIG (Sistemas de Informações Geográficas) utilizados foram o Arcgis versão 9.3 e o Idrisi, versão Taiga.

As bacias hidrográficas analisadas foram delimitadas a partir da carta topográfica de Piraju, que também foram usadas para orientar a vetorização dos córregos. A partir dos vetores dos córregos foram gerados buffer's delimitando suas faixas de APP (Área de Preservação Permanente).

Na realização destes trabalhos utilizou-se imagens de satélite da série Landsat, sensores *Thematic Mapper* (TM) para as imagens de 1986 e *Operational Land Imager* (OLI) para as imagens de 2013.

O Modelo SCS adotado neste trabalho considerou a classificação supervisionada do uso da terra fazendo uma analogia ao método desenvolvido pelo instituto norte americano. Para isto, estabeleceram-se as classes de uso da terra de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra, IBGE (2013) com adaptações. As classes geradas foram: 1ª Corpo d'Água Continental, 2ª Cultura Temporária Adulta, 3ª Cultura Temporária Colhida, 4ª Cultura Temporária Jovem, 5ª Cultura Temporária Preparada, 6ª Cultura Temporária Sem Preparo, 7ª Florestal, 8ª Pastagem, 9ª Silvicultura e 10ª Áreas Urbanizadas.

³ Pontos de saturação: ocorre quando a reflectância atinge valores máximos ou mínimos para determinadas faixas espectrais. São específicos para cada região espectral e representam de fato as limitações das técnicas de sensoriamento remoto. (Ponzoni; 2010; pg 26)

O modelo SCS utiliza uma classificação para áreas urbanizadas. Porém, no presente trabalho devido às limitações da resolução dos sensores utilizados não foi possível estabelecer o nível de detalhe exigido no modelo. Assim, optou-se por estabelecer médias dos parâmetros CN (coeficientes de cobertura do solo) para os diferentes tipos de uso da terra da área urbana. Os valores utilizados foram, de acordo com Tucci (2005) de 79,05 para o ano de 1986 e 80,64 para o ano de 2013 para todas as microbacias hidrográficas urbanas (MBH). A determinação do volume superficial do modelo foi feita a partir da equação (1)

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{P+S-Ia} \quad (1)$$

Onde Q é o volume superficial acumulado (em mm), P é a precipitação total acumulada, Ia são as perdas iniciais e S é o armazenamento no solo.

O armazenamento no solo (S) foi calculado pela equação (2)

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Onde o CN é tabelado.

As equações de tempo de pico do escoamento (3) e vazão máxima (4) utilizadas foram respectivamente:

$$Tp = \frac{2,6L^{0,8} \left(\frac{S}{25,4} + 1\right)^{0,7}}{1900y^{0,5}} \quad (3)$$

$$q = \frac{2,08A}{\frac{D}{2} + Tp} \quad (4)$$

Onde y é a declividade média, L o comprimento hidráulico, D o intervalo de tempo da precipitação e A área da MBH.

Para as análises desta pesquisa utilizou-se os valores de precipitação para o mês de agosto de 1986 (112,4 mm) e de julho de 2013 (127,2 mm).

Para vinculação da classificação supervisionada explicitada acima com o método SCS, foram necessários procedimentos no SIG Arcgis 9.4, através do módulo 3D Analyst Tools. Primeiramente foi criado o TIN, modelo digital do terreno das bacias pois a declividade média era necessária para realização dos cálculos, posteriormente foi gerado o mapa clinográfico segundo Lepsh (1991). Para obter as médias de declividade foi necessário criar os polígonos de porcentagem de declividade no módulo TIN Surface através do TIN Slope.

4. Resultados e discussão

As Figuras 1 e 2 mostram as composições falsa cor das imagens de 1986 e de 2013 da área de estudo. Para a classificação dos usos da terra, o agrupamento das respostas espectrais em classes seguiu o método da máxima verossimilhança. A confirmação dos padrões das categorias de uso da terra foi feita a partir de trabalhos de campo, que também foram realizados para avaliar os resultados obtidos. Observou-se nas imagens de satélite a predominância da presença de fragmentos de florestas nas cabeceiras das microbacias hidrográficas distantes do centro da cidade, a área impermeabilizada pela cidade, a expansão da área urbana entre os dois períodos analisados e as mudanças ocorridas ao longo do leito do rio Paranapanema.

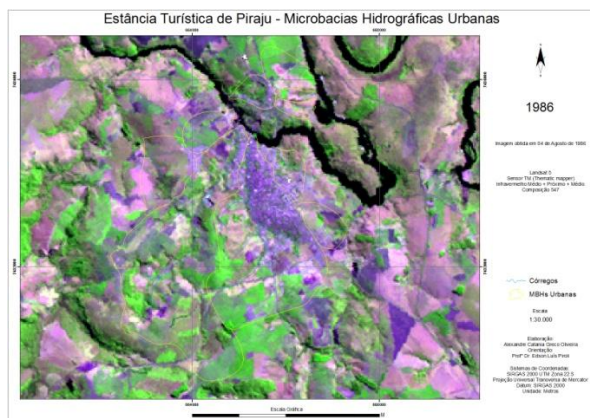


Figura 1: Mapa de Piraju 1986 – Composição 547

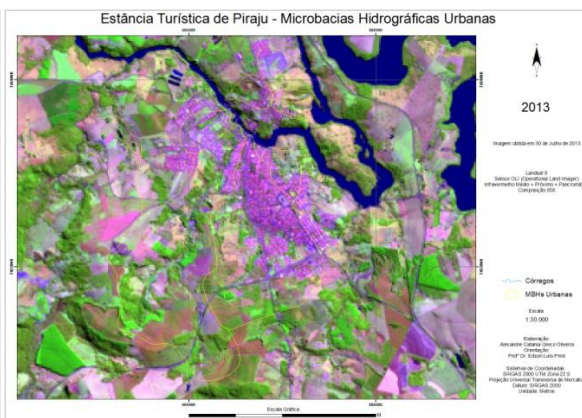


Figura 2: Mapa de Piraju 2013 – Composição 658

Em seguida foram realizados cálculos para estimar o volume de escoamento superficial resultante de um evento de chuva, utilizando o método desenvolvido pelo National Resources Conservation Center dos EUA (antigo Soil Conservation Service – SCS) em 1975, para identificar possíveis alterações e prover a comunidade de dados para planejamentos futuros. Nestes cálculos foram considerados que para cada tipo de solo há escoamento e infiltração específicos, que também são influenciados pelos tipos de uso da terra. Assim utilizou-se os parâmetros do SCS que considera solos A, arenosos e profundos com baixo escoamento superficial e alta infiltração; solos B, menos arenosos ou profundos com permeabilidade superior à média; solos C, argilosos com escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média; e solos D, muito argilosos e rasos com baixa capacidade de infiltração e maior escoamento superficial.

Na área de estudo, a Embrapa informa que o solo predominante é do tipo LV25, Classe LV, ou seja, Latossolo Vermelho, LV Distrófico + PVA Distrófico. Assim, neste trabalho adotou-se para representa-lo o solo C da SCS.

As Figuras 3 e 4 apresentam o resultado da classificação do uso da terra da região onde área de estudo está localizada.

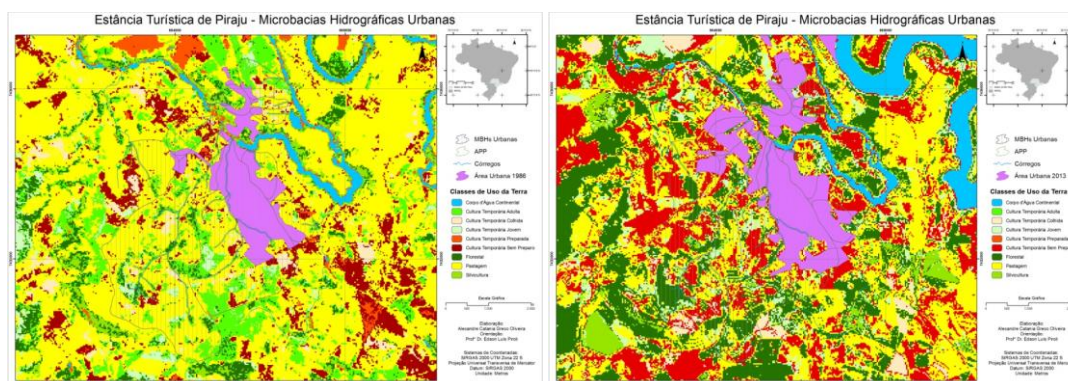


Figura 3: Mapa de uso da terra de 1986 e de 2013.

A Tabela 1 foi gerada a partir das equações 1 e 2 e apresenta a síntese da adaptação entre o método de classificação de uso da terra do IBGE e o método SCS.

Tabela 1: Síntese da adaptação dos métodos de classificação supervisionada e SCS.

Classificação Supervisionada	Método SCS (Soil Conservation Service, 1975)	Área em m ² 1986	Áreas em m ² 2013	Valores CN - Coluna "C"	Área % 1986	Área % 2013	CN Geral 1986	CN Geral 2013
Corpo d'Água Continental	Sem Classificação	350	200	Sem classificação	0.0018	0.0010		
Cultura Temporária Adulta	Plantações Regulares - terraceamento em nível	2,716,025	23,500	84	0.1416	0.0012	11.89850007	0.102949992
Cultura Temporária Colhida	Campos Permanentes - normais	700,500	302,150	71	0.0365	0.0158	2.593854772	1.118819728

Cultura Temporária Jovem	Plantações de Cereais - terraceamento em nível	573,275	1,392,550	79	0,0299	0,0726	2,361942183	5,737425472	
Cultura Temporária Preparada	Solo Lavrado - com sulcos retilíneos	64,900	0	91	0,0034	0,0000	0,308010313	0	
Cultura Temporária Sem Preparo	Solo Lavrado - em fileiras retas	1,251,775	3,704,475	87	0,0653	0,1932	5,679690814	16,80835025	
Florestal	Floresta - Normal	646,250	3,257,300	70	0,0337	0,1699	2,359270647	11,8914542	
Pastagem	Pastagens em Curva de nível - normais	9,780,525	4,647,575	75	0,5101	0,2424	38,25626782	18,1788681	
Silvicultura	Floresta - Densa	128,075	179,600	62	0,0067	0,0094	0,414128598	0,580733916	
Área Urbanizadas ou diretamente afetadas	Média de todas as classes classificadas nas áreas urbanas	3,312,683	5,667,008	86	0,1728	0,2956	14,85790231	25,41741883	
							CN	78,72956753	79,83602048
		19174358	19174358			S	68,62339039	64,15213042	
							Tempo (horas)	48	24

A Figura 5 mostra a distribuição das microbacias estudadas e o hidrograma da precipitação em cada uma por ano estudado, onde se pode ver que em 48 horas choveu 112,4 mm em 1986 e em 24 horas choveu 127,2 mm em 2013.

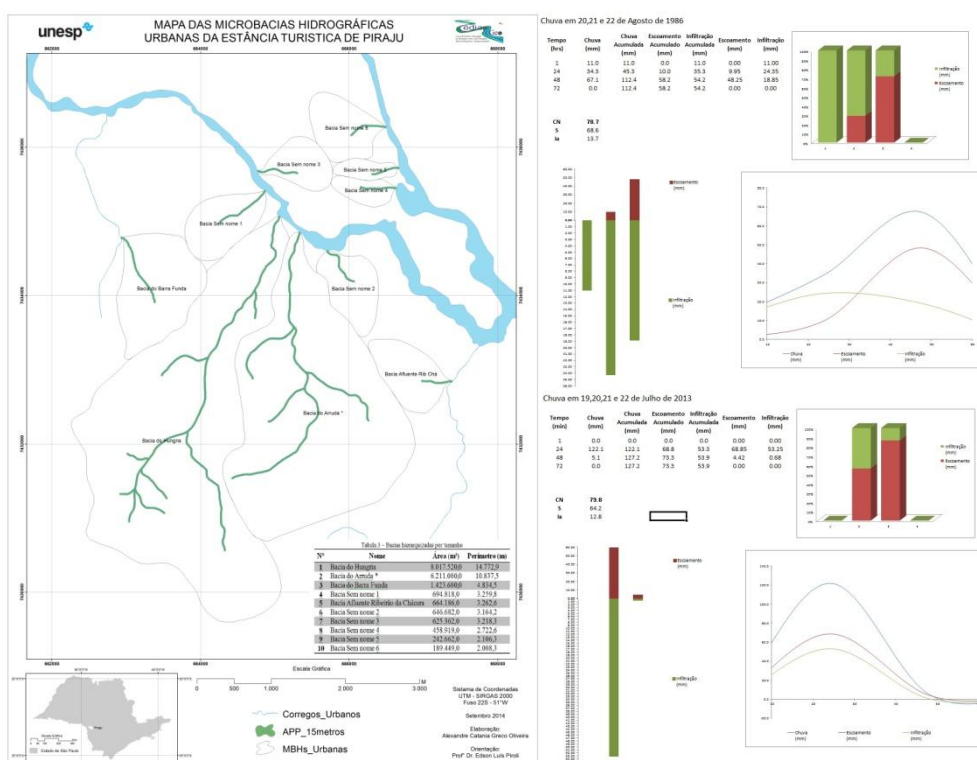


Figura 4: MBH's Urbanas e hidrogramas de eventos de chuva em 1986 e 2013 nas áreas classificadas.

O cruzamento entre os polígonos contendo a declividade média de cada MBH urbana com seus limites resultou nas áreas das microbacias individualmente, com suas respectivas declividades médias. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Método SCS calculado por MBH urbanas da cidade de Piraju, elaborado pelo autor 2014.

Nº	Nome	Área (Km²)	Perímetro (m)	Comprimento Hidráulico (m)	Declividade média (%)	Tp 1986	q 1986	Tp 2013	q 2013
1	Bacia do Hungria	8,017520	14,773	4913	19,84	24,8193263	0,341595078	23,987114	25,37681746
2	Bacia do Arruda *	6,211080	10,838	4248	17,03	23,84644773	0,270010565	23,04685684	24,12344404
3	Bacia da Barra Funda	1,423680	4,835	1008	15,34	7,949487985	0,092688504	7,682935153	7,929706353

4	Bacia Sem nome 1	0.694818	3,260	772	15.65	6.357993517	0.04760596	6.144804795	6.265239915	
5	Bacia Afluente Ribeirão da Chácara	0.664186	3,263	623	13.78	5.707543629	0.046503572	5.516165024	5.631290597	
6	Bacia Sem nome 2	0.646682	3,164	555	20.91	4.224164102	0.047657693	4.082524426	4.194615972	
7	Bacia Sem nome 3	0.625362	3,218	522	17.69	4.372762575	0.045845129	4.22614027	4.33453635	
8	Bacia Sem nome 4	0.458919	2,723	483	20.19	3.846563945	0.03427897	3.717585511	3.797131471	
9	Bacia Sem nome 5	0.242662	2,106	405	21.22	3.258927809	0.018516391	3.149653295	3.191714708	
10	Bacia Sem nome 6	0.189449	2,008	375	19.11	3.229074627	0.014471807	3.120801114	3.153638941	
		19.174358								
		Tp = tempo de pico	-	q = valor de pico					0.96 m ³ /s	88.00 m ³ /s

A Tabela 2 representa o escoamento gerado a partir das equações 3 e 4 onde observa-se considerável aumento entre os dois anos analisados. A diferença de escoamento apresentada de uma época para a outra se dá com a mudança do uso da terra e principalmente na intensidade da chuva, pois em 2013 choveu 122 mm em apenas 24h enquanto em 1986 a chuva distribuiu-se ao longo dos dias. Culturas Temporárias Adulta, Colhida e Preparada e Pastagem apresentaram respectivamente quedas percentuais de 99,14%, 56,87%, 100% e 52,48% entre os anos de 1986 e 2013, que se justifica pelo avanço tecnológico da agricultura que exige áreas planas e o avanço da área urbana que empurra a agricultura para fora dos seus limites com a cobrança do IPTU.

Os usos Cultura Temporária Jovem, e Cultura Temporária Sem Preparo aparecem nos dois períodos e podem representar em 2013 lotes urbanos sem construções que normalmente são mantidos limpos ou com vegetação rasteira. Estes dois usos apresentaram aumento de 142,91% e 195,94% respectivamente entre os dois períodos analisados.

Outros aumentos significativos podem ser percebidos nos usos Florestal, Silvicultura e Áreas urbanizadas, com 404,03% para o primeiro, 40,23% no segundo e 71,07% para o terceiro uso. A divulgação e o conhecimento da legislação ambiental, as manifestações sociais pela preservação dos remanescentes de mata, e as exigências de reservas legais para propriedades rurais, entre outros, podem ter influenciado no resultado para o uso Florestal. Porém, ainda se observa a necessidade de orientação adequada quanto à expansão urbana sobre as nascentes e áreas de preservação permanente para evitar passivos ambientais futuros.

5. Conclusões

O método utilizado se mostrou promissor tanto na identificação de pequenas bacias hidrográficas em áreas urbanas e rurais. O cálculo de infiltração e escoamento apresentou resultados coerentes e a identificação de padrões de classificação supervisionados otimizaram a obtenção de dados para elaboração de prognósticos sobre enchentes em áreas de risco, que são bastante recorrentes na maioria das cidades brasileiras.

6. Referências

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra** – 3ª Edição, Rio de Janeiro, 2013.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 04 nov. 2014.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. v.27, n.3, p.257-268, set. 1997. Disponível em: <http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol27_down/2703/2703257.pdf>. Acesso em 04 nov. 2014.

PONZONI, Flavio Jorge. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**, 2. Ed. – Maringá, 2009.

TUCCI, Carlos E. M.; **Modelos Hidrológicos**. 2ª edição – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

LEPSH, I.F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D. ESPÍNDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: SBCS, 1991. 175p.