



DINÂMICA DA EXPANSÃO URBANA DE IBIPORÃ – PR, NA BACIA RIBEIRÃO ENGENHO DE FERRO, NOS ANOS DE 1990, 2000 E 2010. ¹

SILVA, Elaine Elise Lapa da²

PEREIRA NETO, Osvaldo Coelho³

CAINZOS, Rigoberto Lázaro Prieto⁴

STIPP, Nilza Aparecida Freres⁵

RESUMO

O trabalho consiste no monitoramento da dinâmica da expansão urbana na Bacia Hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro, município de Ibiporã, PR, Brasil, buscando-se identificar o potencial de risco ambiental devido ao avanço da antropização sobre a bacia em questão. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5, coordenada 222/76, bandas 3, 4 e 5 nas datas 22/08/1990, 23/12/2000 e 01/11/2010. O software utilizado foi o SPRING 5.0.6 para estruturação do banco de dados e processamento de imagens digitais. Foi feito o aumento de contraste em todas as bandas, traçado o limite aproximado da bacia hidrográfica e feita a segmentação e classificação digital, utilizando o classificador Bhattacharya e as classes de uso do solo “mata”, “solo nu”, “pasto”, “cultura” e “urbano”. Foi feita a tabulação cruzada dos mapas de uso do solo de 1990 com 2000 e de 2000 com 2010, para poder avaliar a dinâmica na paisagem. Em geral, a bacia tende a não apresentar sérios riscos ambientais, pois o crescimento da área urbana foi pequeno.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; SIG; Landsat.

RESUMEN

El trabajo consiste en el seguimiento de la dinámica de la expansión urbana en la cuenca “RibeirãoEngenho De Ferro”, en el municipio de “Ibiporã”, Estado del Paraná(PR), Brasil, tratando de identificar los potenciales riesgos ambientales debido a los avances del fenómeno de “antropización” en la cuenca en cuestión. Fueron utilizadas en el trabajo Imágenes del satélite Landsat-5, en las bandas 3, 4 y 5, con las coordenadas 222/76, para las fechas de 22/08/1990, 23/12/2000 y 01/11/2010. El software utilizado fue el sistema de informaciones geográfico (SIG) “SPRING 5.0.6”, con el objetivo de estructurar la base de datos y realizar el procesamiento digital de las imágenes. Entre las técnicas utilizadas fue realizado un aumento en el contraste de todas las bandas, trazando con ello el límite aproximado de la cuenca y

¹ EIXO TEMÁTICO: Cartografia e SIGs: geografia e planejamento urbano.

² Graduada Geografia, Univ. Est. de Londrina (UEL), Depart. Geociências, elainelapa@hotmail.com

³ Prof^o. Dr., Univ. Estadual de Londrina (UEL), Depart. de Geociências, coelho@uel.br

⁴ Prof^o. Dr., Univ. Estadual de Londrina (UEL), Depart. de Geociências, rigoberto@uel.br

⁵ Prof^o. Dr., Univ. Estadual de Londrina (UEL), Depart. de Geociências, nfreres@sercomtel.com.br



posteriormente la técnica de “segmentación” y clasificación digital utilizando el clasificador “Bhattacharya “, seleccionando las clases de uso de la tierra: "mata", "suelo", "pasto", "cultura agrícola" y "urbana". Con la aplicación de la técnica de tabulación cruzada fueron obtenidos los mapas de uso de la tierra entre los años de 1990 a 2000 y 2000 a 2010, con el fin de evaluar la dinámica en la transformación del paisaje. De forma general, la cuenca no suele presentar graves riesgos ambientales porque no hubo un gran crecimiento del área urbana.

Palabras claves: percepcción remota, GIS, Landsat.

1. INTRODUÇÃO

Os satélites são frutos do avanço da tecnologia adquirido pela humanidade. As imagens transmitidas por satélites estão ficando cada vez mais detalhadas possibilitando um extraordinário acesso a informações de extrema importância.

Os avanços tecnológicos na área espacial têm trazido melhorias expressivas nas resoluções espaciais, radiométrica, espectral e temporal dos dados orbitais. Com isso, os satélites cada vez mais são capazes de diferenciar alvos na superfície terrestre, sobretudo devido à melhoria na resolução espacial.

A disponibilidade de informações seguras sobre a expansão dos aglomerados urbanos é relevante para os vários setores envolvidos em gestão pública, e uma alternativa que parece ser viável para o fornecimento dessas informações é o emprego das técnicas de sensoriamento remoto, que permitem analisar imagens da superfície terrestre adquirida por meio de sensores de satélites.

A partir do uso de imagens de satélites, será feita uma análise das mudanças na expansão urbana sobre a Bacia Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã - PR, nos anos 1990, 2000 e 2010. Espera-se que a análise de imagens de satélites permita identificar as mudanças nessa expansão ao longo do tempo e analisar o processo de classificação digital que irá gerar os mapas.

Com isso, o trabalho pode servir de base para futuros planejamentos de gestão, no tocante a previsões orçamentárias, e também como um subsídio importante para o planejamento de áreas semelhantes ao do estudo em questão.



2. DESENVOLVIMENTO

Levantamentos sobre recursos naturais e uso da terra são de extrema importância como auxílio ao planejamento, monitoramento e controle do processo de ocupação do solo. Neste contexto, tornam-se necessários estudos com o objetivo de caracterizar e monitorar o meio físico, e que dêem suporte a execução de ações voltadas ao planejamento dessas áreas.

Uma ferramenta que tem se mostrado eficaz para pesquisas dessa natureza é o sensoriamento orbital de imagens, já que possibilita em um curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações. Aliado ao geoprocessamento, o sensoriamento remoto constitui numa tecnologia indispensável ao estudo e a análise das variações ambientais terrestres.

2.1. Geoprocessamento e SIG

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Silva e Zaidan (2004) definem geoprocessamento como [...] “uma tecnologia, isto é, um conjunto de conceitos, métodos e técnicas erigido em torno de um instrumental tornado disponível pela engenhosidade humana”.

Assim, segundo o INPE (2011a), as atividades que o geoprocessamento está envolvido, são efetuadas por sistemas peculiares para cada tipo de aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ou Geographic Information System – GIS, relacionado com os avanços na área da computação, cuja história tem como marco as décadas de 40 e 50, quando equipamentos e métodos foram desenvolvidos viabilizando, dessa maneira, a implementação de rotinas para a automação de determinados processos de análise espacial.

O SIG processa dados gráficos e não gráficos com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies, e são “constituídos por uma série de programas e processos de análises, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial”. Os SIG’s vêm se tornando uma tecnologia cada vez mais necessária em empresas, órgãos públicos e institutos de pesquisa, o que justifica a



procura de conhecimento a este respeito, por um número cada vez maior de pessoas. (TEIXEIRA et al., 1992).

2.2. Sensoriamento remoto

Para Silva e Zaidan (2004) o sensoriamento remoto é destinado, “principalmente, a identificar e classificar entidades e eventos, registrados a distância por diversos detectores”.

De acordo com Nunes (2011), cabe aos sistemas sensores, instrumentos principais do sensoriamento remoto, a captação desta radiação e conversão para uma forma que possibilite análises e interpretações. Têm por finalidade captar a REM proveniente da superfície terrestre e transformar a energia conduzida pela onda, em pulso eletrônico ou valor digital proporcional à intensidade desta energia.

Pode-se verificar que o sensoriamento remoto tem trazido grande ajuda para o mapeamento e monitoramento dos recursos naturais, graças à sua visão sinótica e ao armazenamento da informação em formato digital, possibilitando sua análise usando modernas técnicas computacionais.

2.3. Geoprocessamento e mapeamento de uso do solo

O acompanhamento e avaliação dos impactos do uso do solo sobre os ambientes naturais através de imagens de satélites são fundamentais para que se proceda ao planejamento ideal em áreas com riscos de serem impactadas.

Além disso, sabe-se que a crescente urbanização e o acelerado crescimento populacional acompanhado pelo desenvolvimento cada vez maior de modernas técnicas agrícolas levam ao uso acentuado do solo, seja para o uso urbano ou também para a agricultura .

Segundo Lima et al. (1989), o uso do solo nada mais é que a forma como o solo está sendo utilizado pelo homem; esse uso pode provocar alguns danos ao meio ambiente, como inundações, erosão intensa e assoreamento dos reservatórios e cursos d’água.

Para a manutenção de registros desse uso do solo ao longo do tempo, Campos et al. (2004) afirmam ser o geoprocessamento uma técnica fundamental. Avaliar essas mudanças ocorridas na paisagem de uma região em um dado período, registrando a cobertura terrestre



em cada momento, exige uma coleta de informações espaciais muito grande e rápida, fato que faz as imagens de satélite serem muito importantes e úteis.

Verifica-se, então, que a identificação e mapeamento do uso dos solos servem, também, como auxílio para planejamentos ambientais urbanos, como levantamentos da expansão urbana, estudos de áreas impermeáveis, monitoramentos de enchentes, entre outros.

Com isso, o desenvolvimento de um sistema para classificar dados sobre uso do espaço geográfico, obtidos a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento, tem sido muito discutido. O tipo e a quantidade de informações sobre esse espaço dependem da resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal dos diferentes sistemas sensores. Os avanços tecnológicos na área espacial têm trazido significativas melhorias nessas resoluções; com isto, os produtos digitais cada vez mais são capazes de discriminar os alvos na superfície terrestre, principalmente devido à melhoria na resolução espacial.

Há diversos trabalhos realizados baseados nas imagens coletadas pelo satélite Landsat-TM5. Passos et al. (2009) analisaram o uso do solo na região Oeste da Bahia através de imagens do Landsat 5 nos períodos de 1984 e 2008. De acordo com as análises, os autores perceberam que, com a introdução do agronegócio, o crescimento da área urbana de Barreiras (oeste baiano) expandiu-se notadamente, de 16,73km² para 20,05km²; o mesmo foi verificado com a área agrícola do município. Em 1984 a área agrícola era de 504km² e em 2008 2.103km². Portanto, pode-se dizer que ambas as áreas analisadas – urbana e agrícola – passaram por diversas transformações, tanto na paisagem física como socioeconômica.

Latuf et al. (2007) indicaram que o uso das imagens do satélite Landsat-5 no mapeamento do uso do solo, entorno da bacia do Rio Preto em Minas Gerais, foi fundamental para analisar a ocupação do solo no período compreendido entre 1985 e 2000. Qualificaram as imagens no software Spring 4.2, a fim de identificar com exatidão as amostras, classificando as classes de uso em: urbanização, floresta, cerrado, reservatórios, pastagem e cultivos. A utilização das imagens, de acordo com os resultados, foi satisfatória, pois contemplou com exatidão o monitoramento do uso do solo na bacia em estudo.

2.4. Material e metodologia

A área estudada foi a Bacia Hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro, localizada no município de Ibiporã, estando a uma altitude média de 487 metros (figura 1). Foram utilizadas



técnicas de geoprocessamento com imagens orbitais do satélite Landsat e com o software SPRING, já que estes representam uma importante ferramenta para a análise ambiental.



Figura 1 - Localização da bacia Ribeirão Engenho de Ferro

Fonte: imagem do aplicativo online Google Earth.

O SPRING foi desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias) e pela IBM. É um sistema que inclui um banco de dados geográficos, o qual permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacial e não espacialmente, ou seja, é um sistema que combina funções de processamento de imagens, análise espacial e modelagem numérica do terreno, em um único software (INPE, 2011b).

Segundo a Embrapa (2011), o Programa Landsat é uma série de missões de observação da Terra por satélite gerido pela NASA, possuindo uma órbita polar heliosíncrona com altitude nominal de 705 Km e inclinação orbital de 98°, completando o ciclo de imageamento da Terra a cada 16 dias. O LANDSAT-5 leva a bordo o sensor TM (Thematic Mapper) que possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 possuem 30 m de resolução espacial, isto é, cada



pixel da imagem representa uma área de 900 m² de terreno, enquanto a banda 6, possui resolução de 120 m, cada pixel representa 14.400 m².

As imagens do satélite LANDSAT 5 foram obtidas mediante download gratuito no site do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br), das bandas espectrais 3, 4 e 5 nas datas 22/08/1990, 23/12/2000 e 01/11/2010, órbita 222, ponto 76.

Todas as imagens obtidas foram importadas para o software SPRING, estando todas já georreferenciadas. Foi feito o aumento de contraste linear em todas as bandas para melhorar a discriminação visual dos diferentes elementos da paisagem analisada, montando uma composição colorida RGB 543.

Foi traçado o limite aproximado da bacia hidrográfica com base na visualização da rede de drenagem e usou-se esse limite para recortar a área de estudo, individualizando-a do restante da imagem. Com isso, o tamanho da mesma fica menor, aumentando a rapidez do processamento e diminuindo o espaço para armazenamento.

Após isso, foi feita a segmentação das imagens, cujos valores dos parâmetros de similaridade e área foram “35” e “4”, respectivamente. Para a classificação supervisionada por região foi usado o classificador Bhattacharya, com índice de aceitação 99,9%, cujas classes de uso do solo mapeadas foram Urbano, Mata, Solo nu, Pasto e Cultura.

As imagens classificadas foram transformadas em imagens temáticas e calculado a área de cada uma das classes de uso do solo. Por fim, foi feita a tabulação cruzada dos mapas de uso do solo de 1990 com 2000 e de 2000 com 2010; isso possibilita a sobreposição, comparação e intersecção dos mapas para quantificar as mudanças ocorridas na paisagem durante as datas tabuladas, observando a mudança da expansão urbana em comparação às demais classes de uso do solo.

2.5. Resultados obtidos

A bacia hidrográfica Ribeirão Engenho de Ferro apresentou significativas alterações na dinâmica do uso do solo em relação aos anos estudados. A figura 2 apresenta os mapas de uso do solo para os anos de 1990, 2000 e 2010, e a tabela 1 demonstra a quantificação das áreas das classes de uso do solo, respectivamente.

SEURB

II Simpósio de Estudos Urbanos:

A dinâmica das cidades e a produção do espaço

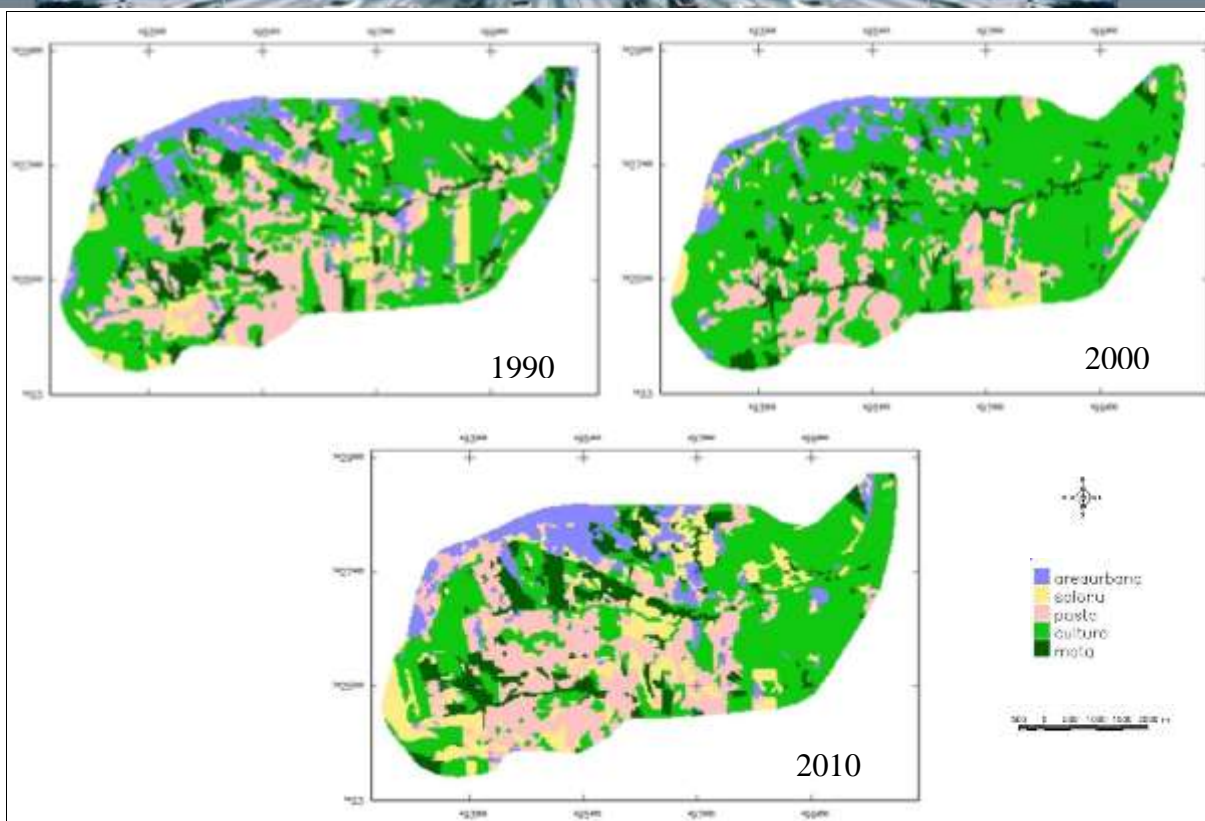


Figura 2 - Mapas de uso do solo para os anos de 1990, 2000 e 2010

Tabela 1: Medidas de áreas de uso do solo por ano

Classes	Ano - 1990		Ano - 2000		Ano - 2010	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Mata	3,51	9,30	2,35	6,23	3,87	10,26
Cultura	18,52	49,12	24,81	65,80	15,52	41,17
Pasto	8,33	22,10	5,80	15,38	8,95	23,74
Solo nu	3,55	9,42	2,06	5,47	5,53	14,68
Urbana	3,79	10,06	2,68	7,12	3,83	10,16
Total	37,70	100,00	37,70	100,00	37,70	100,00

Os valores de desempenho obtidos das amostras da classificação digital, que representam o quanto as amostras mostraram-se espectralmente diferenciadas em si, para os anos de 1990, 2000 e 2010 foram de 100%, 97,97% e 99,40%, respectivamente, o que demonstra, pelos altos valores, que houve critério e precisão na escolha das amostras para a classificação digital.



A tabela mostra um dado inconsistente, que é a oscilação da área urbana mapeada, pois a área é de 3,79 km² em 1990 e diminui em 2000 para 2,68 km², voltando a aumentar em 2010 para 3,83 km². Isso não é real e representa uma limitação inerente à classificação digital; a semelhança de valores de pixels nas imagens, pertencentes a elementos diferentes da paisagem, pode fazer com que o classificador digital gere erros no produto final. Por exemplo, uma área de solo nu pode ter coloração semelhante à área urbana com pouca arborização, mesmo variando significativamente na aparência textural, já que o solo nu tem textura aparentemente lisa e a área urbana é caracterizada pelo aspecto quadriculado. Pode-se tentar amenizar esse erro com o aumento do número de amostras de pixels para treinar o classificador.

Para analisar mais detalhadamente a inconsistência na metragem da área urbana, as tabelas 2 e 3 mostram a matriz de erro oriunda da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo dos anos de 1990 com 2000 e de 2000 com 2010, respectivamente, com relação à classe “Urbana” em comparação com as demais classes.

Tabela 2: Matriz de erro oriunda da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo dos anos de 1990 com 2000, para a classe “Urbana”, em km²

		2000				
		Urbano	Cultura	Mata	Pasto	Solo nu
1990	Urbano	1,46	1,65	0,03	0,32	0,33
	Cultura	0,69				
	Mata	0,09				
	Pasto	0,22				
	Solo nu	0,23				

Na coluna numérica da tabela 2 notam-se os dados referentes ao ano de 1990 após a sobreposição com o ano de 2000, ou seja: 0,69 km² eram “cultura” em 1990 e passaram a ser “urbano” em 2000; 0,09 km² eram “mata” em 1990 e passaram a ser “urbano” em 2000; 0,22 km² eram “pasto” em 1990 e passaram a ser “urbano” em 2000; 0,23 km² eram “solo nu” em 1990 e passaram a ser “urbano” em 2000. Nota-se, talvez, uma certa consciência ambiental, quando se pensa que, já a mais de 10 anos atrás, essa área retirava muito pouca mata para



transformar em área urbana (somente 0,09 km²), tomando, como área prioritária de urbanização, os campos de cultura (0,69 km²).

Na linha numérica da mesma tabela notam-se os dados referentes ao ano de 2000 após a sobreposição com o ano de 1990, ou seja: 1,65 km² eram “urbano” em 1990 e passaram a ser “cultura” em 2000; 0,03 km² eram “urbano” em 1990 e passaram a ser “mata” em 2000; 0,32 km² eram “urbano” em 1990 e passaram a ser “pasto” em 2000; 0,33 km² eram “urbano” em 1990 e passaram a ser “solo nu” em 2000. Nota-se, aqui, detalhadamente, toda a inconsistência que houve com o resultado da aplicação do classificador digital. Nenhuma destas sobreposições resultantes faz sentido, a menos que a área urbana seja retirada do local, o que só acontece em grande escala através da ocorrência de algum desastre natural, como grandes terremotos, o que não é o caso para a região.

Tabela 3: Matriz de erro oriunda da tabulação cruzada dos mapas de uso do solo dos anos de 2000 com 2010, para a classe “Urbana”, em km²

		2010				
		Urbano	Cultura	Mata	Pasto	Solo nu
2000	Urbano	1,72	0,24	0,10	0,36	0,24
	Cultura	1,61				
	Mata	0,03				
	Pasto	0,25				
	Solo nu	0,21				

Na coluna numérica da tabela 3 notam-se, paralelamente a ideia da tabela 2, os dados referentes ao ano de 2000 após a sobreposição com o ano de 2010, ou seja: 1,61 km² eram “cultura” em 2000 e passaram a ser “urbano” em 2010; 0,03 km² eram “mata” em 2000 e passaram a ser “urbano” em 2010; 0,25 km² eram “pasto” em 2000 e passaram a ser “urbano” em 2010; 0,21 km² eram “solo nu” em 2000 e passaram a ser “urbano” em 2010. Igualmente a tabela 2, nota-se, a pouca retirada de mata para transformar em área urbana (somente 0,03 km²), tomando, como área prioritária de urbanização, os campos de cultura (1,61 km²).

Na linha numérica da mesma tabela notam-se os dados referentes ao ano de 2010 após a sobreposição com o ano de 2000, ou seja: 0,24 km² eram “urbano” em 2000 e passaram a ser “cultura” em 2010; 0,10 km² eram “urbano” em 2000 e passaram a ser “mata” em 2010; 0,36



km² eram “urbano” em 2000 e passaram a ser “pasto” em 2010; 0,24 km² eram “urbano” em 2000 e passaram a ser “solo nu” em 2010. Nota-se, aqui, novamente, toda a inconsistência que houve com o resultado da aplicação do classificador digital. Porém, em comparação com as inconsistências apontadas na tabela 2, estas são em uma intensidade de metragem menor que a anterior.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma visão geral, a bacia tende a não apresentar sérios riscos ambientais devido à antropização urbana, pois tal expansão segue muito lentamente sobre a bacia estudada.

Podem-se testar outros classificadores digitais, em trabalhos futuros, para tentar melhorar a precisão do mapeamento, visando não incorrer em erros como o acontecido com a flutuação da área urbana mapeada.

Futuros estudos são sugeridos fazendo a intersecção destes dados urbanos com o mapa de declividade da bacia, buscando localizar áreas pontuais com possíveis riscos de deslizamento de encostas, colocando em risco a população local. Pode-se também fazer a intersecção da área urbana mapeada com o mapa de declividade e de hipsometria, na tentativa de mapear possíveis áreas com ocorrência de inundações no limite urbano.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Armindo A. Sérgio et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Scielo**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.431-435, maio/ago. 2004.

EMBRAPA. **Landsat – Land Remote Sensing Satélite**. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2011

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial de Geoprocessamento. **Introdução ao Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 07 nov. 2011a

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **O que é o SPRING?** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 17 nov. 2011b



LATUF, Marcelo de O.; MARTINEZ, Mauro A.; PRUSKI, Fernando et al. Mudanças no uso do solo nas bacias do rio Preto e ribeirão Entre Ribeiros/MG a partir de imagens do sensor Landsat 5 TM. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFV, 2007. p. 5855-5862.

LIMA, S. C., ROSA, R. Mapeamento do uso do solo no município de Uberlândia – MG, através de imagens TM/LANDSAT. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 1(2): 127-145, dez, 1989.

NUNES, José Luis da Silva. **Sensoriamento Remoto**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/SensoriamentoRemoto.aspx>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

PASSOS, Andressa Lopes de Oliveira; ROCHA, Samille Santos; HADLICH, Gisele Mara. Análise multitemporal preliminar do uso do solo da folha de Barreiras (SD-23-V-V-B-III), Bahia. In: Simpósio do Instituto de Geociências da Universidade de Viçosa, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009, p.1-5. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simpósio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo2/002.pdf>. Acesso em: 3 junho 2011.

SILVA, Jorge Xavier da; Z Aidan, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento & Análise ambiental**: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; MORETI, Edmar; CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Introdução aos sistemas de informação geográfica**. Rio Claro: Edição do autor, 1992.