

Geoprocessamento aplicado à identificação da vulnerabilidade do solo urbano da cidade de Francisco Beltrão PR.

Tayoná Cristina Gomes¹
Júlio Caetano Tomazoni²
Elisete Guimarães³
Juliane Mônica Ruthes⁴

^{1, 2, 3, 4} Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Linha Santa Bárbara s/n, Caixa Postal 135, CEP 85601-970 – Francisco Beltrão – PR, Brasil.
¹tayonagomes@hotmail.com; ²caetano@utfpr.edu.br; ³guimarães@utfpr.edu.br;
⁴julianeruthes@yahoo.com.br

Abstract. The rapid growth of urban sprawl these days has created many environmental problems from recurring high human activity in urban areas, especially in relation to intensification of erosion. Increasingly we see the need to conduct studies and create methodologies to analyze the effects of disordered occupation around shopping centers and urban. This paper presents the results of the application of GIS techniques and remote sensing as tools for evaluating the potential of land use of the urban perimeter of the city of Francisco Beltrão - PR. The methodology presented was based on Ross 1994 lets you work with three variables to determine the vulnerability of urban land use, which are: texture, soil type and slope. The results were obtained by processing data in the program SPRING 5.2, along with geological and soil analysis laboratory and field, obtaining thematic maps of slope, soil type, land use and vulnerability. We also carried out the analysis of permanent preservation areas within the perimeter studied. The generated maps are essential tools for the analysis and identification of environmental problems in the study area and also serve as a basis to assist in the development of the master plan and other projects of urban growth.

Palavras-chave: GIS, disorderly occupation, maps, erosion, SIG, ocupação desordenada, mapas, erosão.

1. Introdução

Nas últimas décadas, a nível mundial e no Brasil a intensificação do processo de urbanização, tem provocado o crescimento acelerado das cidades. A falta de planejamento e controle do crescimento da mancha urbana, tem resultado cada vez mais na ocupação de áreas impróprias a urbanização e, portanto, susceptíveis a desastres ambientais.

Os processos erosivos que ocorrem naturalmente dentro do ambiente urbano são intensificados pelas ações antrópicas, por isso é necessário identificar as áreas susceptíveis a esses eventos, para tomar medidas visando seu controle e assim garantir a segurança da população residente.

As diversas formas de pensar a sustentabilidade urbana convergem para a necessidade de se buscar o uso mais eficiente dos recursos naturais, ampliar o acesso aos benefícios da vida urbana às parcelas excluídas controlar o crescimento e a densidade urbana, de modo a conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação do ambiente que lhe dá suporte (Lima, 2002).

Enfatiza-se, assim, que a maior parte dos desastres decorrentes de fenômenos naturais pode ser reduzida, minimizada ou até mesmo evitada, se forem adotadas medidas de prevenção e de disciplinamento do uso e ocupação do solo (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009).

Análises no ambiente são feitas para buscar as melhores formas de se utilizar o solo de forma sustentável, para isso podem-se aplicar ferramentas de geoprocessamento, que

permitam localizar dados espacialmente, levantando, organizando e editando-os, para que seja possível caracterizar o problema e posteriormente aplicar as devidas correções ou soluções.

O objetivo principal do geoprocessamento é fornecer ferramentas computacionais, para que os diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos (Câmara; Medeiros, 1998).

Atualmente há um crescente número de trabalhadores, que desenvolveram métodos para oferecer novas soluções metodológicas, em relação ao planejamento e gestão ambiental no sentido de compreender e mitigar as influências antrópicas sobre os meios naturais. Estas novas metodologias, em sua maioria, utilizam o geoprocessamento, cuja aplicação é um valioso recurso de apoio possibilitando avaliar o potencial dos recursos naturais no contexto físico e bióticos da paisagem mediante análise integrada de seus componentes. Estas técnicas viabilizam a gestão e simulações de cenários futuros, dentre inúmeras outras aplicabilidades (Santos et al., 2007).

Uma das principais ferramentas do geoprocessamento é o Sistema de Informação Geográfica - SIG, que permite localizar, manipular e editar os dados segundo a sua aplicabilidade, como o Spring 5.2 (INPE, 2012), utilizado neste trabalho.

O SIG é utilizado como ferramenta para produção de mapas, para análise espacial e para o armazenamento de informações espaciais. Através de sua multiplicidade, tem como características principais o de integralizar várias informações espaciais (cadastro urbano e rural, dados cartográficos, imagens de satélite, curvas de níveis, hidrografia, entre outros), numa mesma base de dados e de oferecer mecanismos de visualização e de consulta das várias informações armazenadas (Lacerda, 2010).

No espaço urbano a impermeabilização do solo é mais intensa comparada ao meio rural fazendo, com que a carga sobre o solo seja maior, oportunizando possíveis processos erosivos, já que o mesmo possui cobertura vegetal mínima para amortecer o impacto da água da chuva com a superfície. Daí vem a importância das informações e do conhecimento da capacidade do solo dentro do perímetro urbanizado para que seja possível estabelecer medidas de prevenção e de controle dos processos que causam prejuízos a sociedade e ao meio ambiente.

O presente estudo possibilitará determinar às áreas susceptíveis a processos erosivos e que apresentam algum risco à população residente na cidade de Francisco Beltrão, podendo assim, prevenir os habitantes locais e informar as autoridades desses riscos. A pesquisa é viável, pois, não exige a disponibilidade de grandes recursos e se trata de uma necessidade imediata.

A área de estudo está localizada no município de Francisco Beltrão, que se encontra sobre um derrame basáltico antigo, no Terceiro Planalto do Paraná, ou Planalto de Guarapuava. O perímetro urbano de Francisco Beltrão, localiza-se entre as coordenadas geográficas de latitude sul 26° 07' 14,14" e 26° 00' 46,88" e longitude oeste 53° 05' 20,25" e 53° 01' 2,62" (Figura 01). A composição do Solo é basicamente Latossolos, Nitossolos, Cambissolos e Neossolos. O Perímetro urbano de Francisco Beltrão possui área total de: 4.256,87 ha e perímetro de 34,02 km.

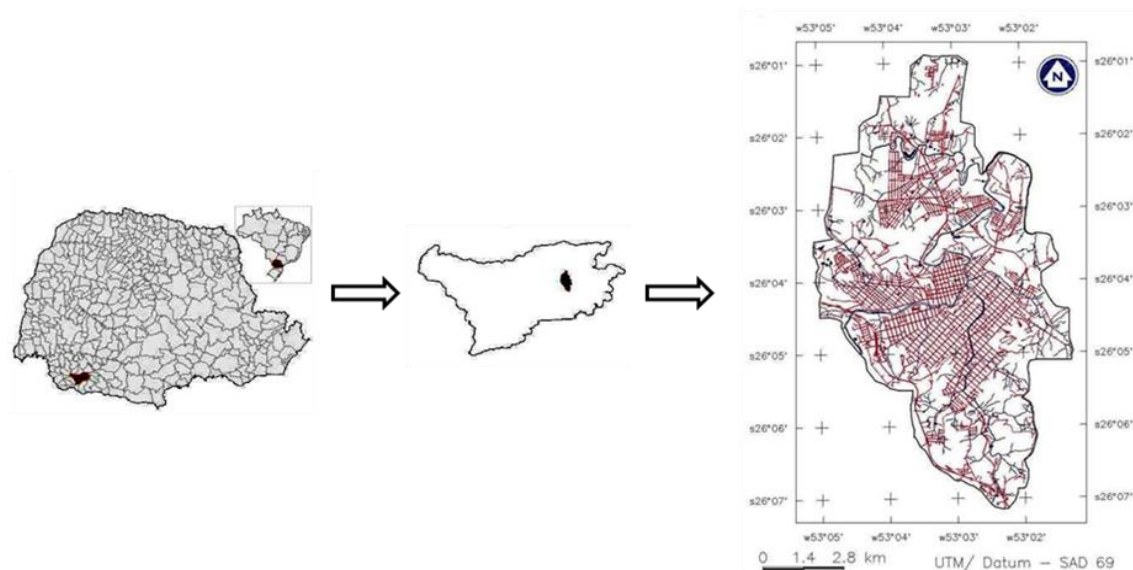


Figura 01 - Localização da área urbana da cidade de Francisco Beltrão, no município e no Estado do Paraná.

2. Materiais e métodos

Para geração dos mapas temáticos foram utilizados dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, dentre estes, curvas de nível com equidistância de 1m, rodovias, rios, entre outros dados, gerados a partir de restituições de fotos aéreas de 1995 e uma imagem do satélite Alos com resolução espacial de 2,5 m.

Em ambiente Spring 5.2 (INPE, 2012), foram criadas grades retangular e triangular para geração dos dados altimétricos e de declividade, dados estes de suma importância para este estudo.

O mapa de declividade foi gerado a partir das classes propostas por Ross (1994) e seus respectivos pesos, descritos na Tabela 01.

Tabela 01 – Hierarquia da vulnerabilidade pela classificação da declividade.

Hierarquia da Vulnerabilidade	Declividade	Peso Utilizado
Muito Fraca	Até 6%	1
Fraca	De 6 a 12%	2
Média	De 12 a 20%	3
Forte	De 20 a 30%	4
Muito Forte	Acima de 30%	5

Para identificação dos tipos de solo presentes na área estudada foi utilizada a Carta de Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 2006) folha SG 22-Y-A, escala 1:250000 na forma de imagem. Vetorizou-se os tipos de solo, que ocorrem no perímetro urbano do município identificando-se os solos LVdf - Latossolo Vermelho distroférico, NVdf – NITOSSOLO VERMELHO distroférico e RRe - NEOSSOLO REGOLÍTICO eutrófico.

Para estes também foram atribuídos pesos segundo Ross (1994) conforme a Tabela 02.

Tabela 02 – Hierarquia da vulnerabilidade pela classificação do tipo de solo.

Solo	Fragilidade	Vulnerabilidade
Latossolos Vermelhos - LV	Baixa	1
Nitossolos Vermelhos - NV	Média	2
Neossolos Regolíticos - RR	Forte	3

Na geração do mapa de uso do solo, utilizou-se a imagem do satélite Alos com resolução espacial de 2,5 m. Empregando a técnica de segmentação de imagem e após vários testes e combinações de similaridade e área de pixel, foram utilizados, como parâmetros de segmentação, similaridade de 30 e áreas de pixel 30, classificador *Bhattacharya*, pois os mesmos foram considerados satisfatórios para que se pudesse identificar claramente o contorno divisor dos diferentes tipos de uso solo. Feito isso foram coletadas aproximadamente 50 dados amostrais e efetuada classificação manual utilizando-se da interpretação visual da imagem para coleta de cada amostra respectiva a determinada classe. Com a definição das amostras foi possível gerar o mapa de uso do solo urbano, onde as classes criadas foram: hidrografia (H), solo impermeabilizado (SI), solo exposto (SE), vegetação arbustiva (VA) e vegetação rasteira (VR).

Em campo, foram analisados perfis de solo e 10 amostras diferentes foram coletadas, sendo estas Neossolo, Latossolo e Nitossolo, e segundo as análises laboratoriais e suas respectivas granulometrias (Tabela 03), estas realizadas no Laboratório de Análises de Solos UTFPR/IAPAR da cidade de Pato Branco, todas foram classificadas, segundo BRASIL (2008, p.5) como solos do tipo 3 de textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%, por isso não é necessário diferenciá-los segundo a textura. É importante destacar que toda a área estudada encontra-se sobre o mesmo material de origem, o basalto.

Tabela 03 – Resultado das análises de amostras segundo o tipo de solo e granulometria.

Amostra	Solo*	Horizonte*	Argila (%)**	Areia (%)**	Silte (%)**
1	Neossolo Regolítico	A	60,5	3,2	36,3
2	eutrófico	C	68,1	2,5	29,4
3	Latossolo Vermelho	A	71,1	2,3	26,6
4	eutroférico	B	73,9	1,8	24,3
5	Cambissolo Háplico	A	69,2	5,9	24,9
6		B	72,6	4,5	22,9
7	Neossolo Regolítico	A	51,0	8,8	40,2
8	eutrófico	C	57,5	7,5	35,0
9	Latossolo Vermelho	A	75,5	2,2	22,3
10	eutroférico	B	81,0	2,0	17,0

*Análise feita em campo. **Análises feitas em laboratório.

A metodologia utilizada para geração do mapa de vulnerabilidade foi proposta por Ross (1994), que permite atribuir pesos a cada fator de influência, como já mostrado nas Tabelas 01 e 02. Após atribuir pesos para as variáveis é preciso criar uma matriz de tabulação relacionando-as, como mostra a Tabela 04.

Tabela 04 – Tabulação cruzada dos tipos de solo e declividade.

Tipo de Solo/ Declividade	Latossolo	Nitossolo	Neossolo
<6%	11	12	13
6-12%	21	22	23
12-20%	31	32	33
20-30%	41	42	43
>30%	51	52	53

Vulnerabilidade I – 11, 21. Vulnerabilidade II – 12, 22, 32, 31, 42, 41. Vulnerabilidade III – 13, 23, 33, 43, 53, 52, 51.

Na Tabela 04 o primeiro algarismo significa o nível de vulnerabilidade segundo a declividade como já mostrado na Tabela 01 e o segundo algarismo o nível de vulnerabilidade segundo o tipo de solo, também já mostrado na Tabela 02. A técnica de Ross (1994) consiste em agrupar estes números conforme os fatores tendem a ser mais vulneráveis. Assim, por exemplo, o número 12, o primeiro algarismo igual a 1, representa uma hierarquia a vulnerabilidade baixa com relação a declividade e o segundo algarismo igual a 2 uma hierarquia de vulnerabilidade média em relação ao tipo de solo. Tomando outro valor como exemplo, temos o número 43, onde o algarismo 4 representa vulnerabilidade forte em relação a declividade e o algarismo 3 representa vulnerabilidade forte em relação ao tipo de solo.

À medida que os dois fatores influenciam o aumento da vulnerabilidade eles vão sendo agrupados. De tal modo, gerou-se o mapa de vulnerabilidade.

Como partes finais do processo de análise foram vetorizadas as áreas de preservação permanente, segundo a lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

3. Resultados e discussões

Na geração do mapa de declividade pode-se observar que 13,91% da área tem declividade acima de 30%, ou seja, segundo a Lei Federal nº 6766 de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o parcelamento do solo, 592,29 ha da área não podem ser parcelados, assim considerados com alta vulnerabilidade. Sendo assim, os outros 86,09% da área podem ser ocupados, porém tomando medidas de minimização e prevenção de impactos ambientais.

No mapa de solos verificou-se que aproximadamente 11% da área total têm como tipo de solo, o Neossolo, que possui peso máximo de vulnerabilidade como já determinado na Tabela 02.

Na classificação de vulnerabilidade (Figura 02) encontram-se pertencentes a classe de vulnerabilidade baixa, 37,91% da área; 37,87% da área enquadram-se na categoria de vulnerabilidade média e 24,22% com vulnerabilidade alta. Isso significa que os 24,22% classificados com vulnerabilidade alta, não são recomendados para uso urbano, pois possuem declividade acima do permitido e/ou solo impróprio para ocupação.

Utilizando a tabulação cruzada, exposta na Tabela 05 verifica-se que dos 37,91% classificados com vulnerabilidade baixa, que são recomendados para uso urbano, 9,21% foram classificados com uso do solo na classe de solo impermeabilizado, ou seja, esta área já está com algum tipo de ocupação e 6,59% classificado como solo exposto ainda pode ser ocupado e o restante é ocupado pelas demais formas de uso. Na classe de vulnerabilidade média, com 37,87% da área e considerada apta, com restrições, para ocupação urbana, onde devem ser tomadas medidas de prevenção à erosão, para evitar impactos ambientais, 9,21% desta classe possuem solo impermeabilizado, ou solo já ocupado, e 6,59% de solo ainda exposto, o restante enquadra-se nas demais formas de uso. Por fim, na classe de vulnerabilidade alta, onde não se recomenda a ocupação urbana, dos 24,22% da área que se enquadram nesta classe, 2,71% possui solo impermeabilizado ou ocupado; 3,25% com solo exposto; 11,12% com vegetação arbustiva, ou seja, com solo protegido; e 7% com vegetação rasteira, ou com alguma pequena proteção.

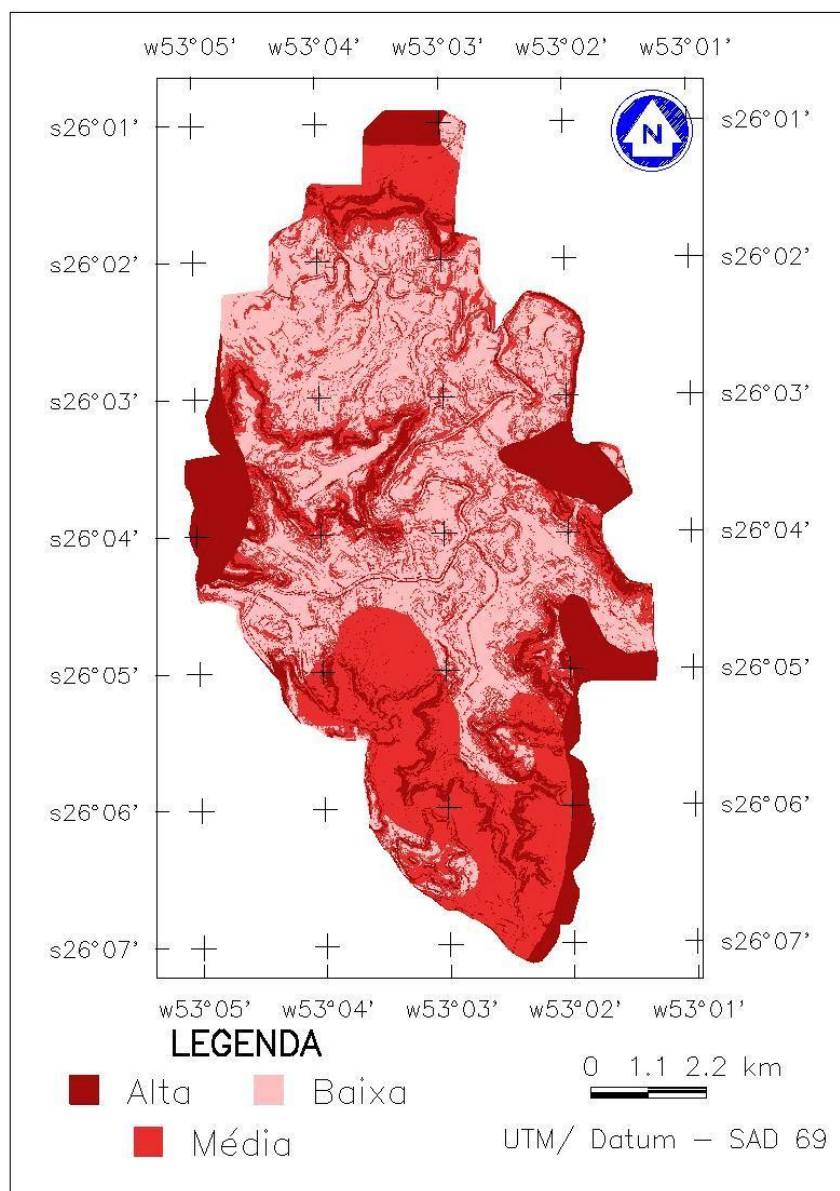


Figura 05 – Mapa de vulnerabilidade dos solos da cidade de Francisco Beltrão PR.

Tabela 05 – Tabulação cruzada das classes de vulnerabilidade e do uso do solo do perímetro urbano de Francisco Beltrão PR (áreas em %).

Classe	SE	SI	VA	VR	H	TOTAL
Baixa	6,59	9,21	11,31	10,59	0,2	37,91
Média	6,59	9,21	11,3	10,59	0,19	37,87
Alta	3,25	2,71	11,12	7	0,14	24,22
TOTAL	16,43	21,14	33,73	28,18	0,52	100

Legenda: hidrografia (H), solo impermeabilizado (SI), solo exposto (SE), vegetação arbustiva (VA) e vegetação rasteira (VR).

Com a delimitação das áreas de preservação permanente (APP) que constam na Tabela 06 que 72,27% estão com uso do solo considerado regular, pois possui alguma vegetação o que significa que pode existir preservação ou é classificada como área ocupada por recursos hídricos. Destas 35,79% classificada com vegetação arbustiva, 25,59% com vegetação rasteira

e 10,89% com hidrografia. Porém 27,72% das APP estão com uso irregular sendo que desta, 12,94% com solo exposto e 14,78% com solo impermeabilizado, ou seja, com algum tipo de ocupação.

Tabela 06 – Classes de uso de solos na área total e nas áreas de APP do perímetro urbano de Francisco Beltrão PR e suas respectivas áreas e porcentagem.

Forma de uso do Solo	Na área total		Na área de APP		
	Área (ha)	% da área	Área (ha)	% do total	% da APP
Solo Exposto	827,28	19,43	113,73	2,67	12,94
Solo Impermeabilizado	1130,62	26,56	129,85	3,05	14,78
Vegetação Arbustiva	1121,81	26,35	314,50	7,39	35,79
Vegetação Rasteira	991,33	23,29	224,89	5,28	25,59
Hidrografia	95,73	2,25	95,73	2,25	10,89
Total	4256,87	100,00	878,70	20,64	100,00

Verificando a vulnerabilidade nas APP (Tabela 07), predominando com 33,31% da área está na classe de vulnerabilidade baixa, o que pela classificação, pode caracterizar sua maioria com solo desenvolvido e com baixa declividade. Foram considerados ainda 32,31% com vulnerabilidade média e 23,53% com vulnerabilidade alta. Este ultimo não recomendado pela

Tabela 07 – Classes de vulnerabilidade do solo nas APP, suas respectivas áreas e porcentagem.

Classe de Vulnerabilidade	Área de APP (ha)	Área de APP (%)
Baixa	292,71	33,31
Média	283,93	32,31
Alta	206,79	23,53
Hidrografia	95,28	10,84
TOTAL	878,70	100,00

4. Conclusões

A metodologia empregada permitiu classificar a vulnerabilidade do solo da cidade de Francisco Beltrão em três classes, sendo elas baixa, média e alta a partir dos dados de relevo, tipo, textura e uso do solo.

Segundo os dados apresentados ainda há áreas de alta vulnerabilidade e que também possuem algum tipo de ocupação, ou seja, 2,71% da área total se encontram nesta situação, valor considerado baixo, porém considerando as tendências de aumento da impermeabilização do solo, é um fator que deve ser verificado e evitado pelas autoridades municipais.

Nas APP, verifica-se que ainda há ocupação nestas áreas, 14,78% da área que deveria ser de total preservação e ainda também possuem partes altamente vulneráveis, o que chama atenção para o caso de possíveis problemas ambientais como o de assoreamento e poluição do rio e possíveis enchentes.

Os mapas de vulnerabilidade e risco são de grande importância, devido à informação deles retirada e que podem ser utilizados como uma ferramenta para a tomada de decisão e para uma correta gestão do risco. Finalmente a importância desta análise está diretamente

relacionada com o uso das novas tecnologias de informação (SIG) para juntar todas as componentes, atuando como uma ferramenta para o modelo conceptual e coerente, para análise da gestão multidisciplinar da zona costeira (Alves; Pinto; Ferreira, 1999).

Espera-se que o estudo sirva de ferramenta para o poder público e seja utilizada para as ações de planejamento urbano e ambiental assim como ofereça suporte para outros estudos realizados na área urbana do município.

Referencias

Alves, F.; Pinto, F. T.; Ferreira, J.. A análise da vulnerabilidade e do risco na zona costeira como contributo para a tomada de decisão. In: Congresso de Geografia Portuguesa, 3, 1999, Lisboa: Edições Colibri e Associação Portuguesa de Geógrafos, p. 559-566. Disponível em: <http://www.apgeo.pt/files/section44/1258914716_INFORGEO_12_13_P559a566.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2012.

BRASIL. Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979. Dispões sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 12 jun. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Instrução normativa n.º 2, de 9 de outubro de 2008. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 198, 13 out. 2008. Seção 1, p. 5. Disponível em: <http://comunidades.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/seaf/intru%C3%A7%C3%A3o_normativa_n_2.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2012.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispões sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm#art83>. Acesso em: 18 jun. 2012.

Câmara, G; Medeiros, J. S. (INPE) Introdução ao Geoprocessamento. In CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S. (INPE). **Geoprocessamento em projetos ambientais**. 2ª Edição, São José dos Campos: SP, 1998. cap 1. p. 1-14.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Spring**. Versão 5.2, 2012. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 18 jul. 2012.

Lacerda, Jarbas Moreira Freires de. Uso do geoprocessamento na expansão urbana: o caso das comunidades subnormais do município de Bayeux-PB. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife PE, 27-30, v. III, julho de 2010. Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A_27.pdf>. Acesso: 20 abr. 2012.

Lima, P. R. **Uma análise dos parâmetros de uso e ocupação do solo na promoção da sustentabilidade urbana**. 2002. 156 p. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2002.

Ross, J.L.S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 08, p. 63-74, 1994.