

Monitoramento da Expansão Urbana em Áreas de Risco através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento

Carlos Roberto Serafim
Mario Valerio Filho

IP&D - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - UNIVAP
Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova
12244-000 São José dos Campos SP
✉ serafim@univap.br

Conteúdo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introdução 2. Materiais e Métodos <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Município de São José dos Campos 2.2 Delimitação da Área de Estudo 2.3 Materiais e equipamentos <ol style="list-style-type: none"> 2.3.1 Materiais 2.3.2 Equipamentos 2.4 Metodologia 3. Resultados 4. Conclusões 5. Referências Bibliográficas
-----------------	---

Resumo: A maioria das cidades brasileiras passou a ter um desenvolvimento acelerado a partir da década de 60. Este fenômeno da expansão urbana que na maioria das vezes, ocorreu de forma desordenada, concorreu grandemente para a ocupação de áreas desfavoráveis a este tipo de uso, provocando uma série de desequilíbrios ao meio ambiente, pesado ônus ao poder público e riscos à população. Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica, para o monitoramento das áreas de risco, através da utilização de documentos cartográficos e dados de sensoriamento remoto na forma analógica/digital que submetidos à técnicas de análise e interpretação de imagens, possibilitaram o mapeamento das áreas urbanizadas da cidade de São José dos Campos (SP), para três diferentes datas. Com o apoio de técnicas de geoprocessamento os dados de declividade e parâmetros da cobertura pedológica, foram integrados para indicação das áreas de risco na área de estudo. Posteriormente as informações das áreas urbanizadas foram comparadas com o mapa de áreas de risco, para caracterizar as áreas críticas para as três diferentes datas. Os resultados permitiram quantificar as taxas de crescimento no período, bem como os percentuais da ocupação urbana nas áreas de risco.

1. Introdução

Podemos considerar que na maior parte das vezes as cidades brasileiras crescem de forma desordenada e essa ocupação urbana ocorre na maioria das vezes sem maior consideração com o meio físico, com isso interferindo negativamente na qualidade de vida da população, causando uma série de consequências danosas onde este processo pode ocorrer a curto, médio ou longo prazo.

Nas últimas décadas a urbanização ocorreu de forma acelerada e intensa, formando assim aglomerados urbanos, conseqüentemente incentivando a especulação imobiliária, contribuindo para uma ocupação desordenada, onde estas áreas são caracterizadas por ocuparem locais inadequados para este tipo de uso do solo.

Desta forma, pode-se deduzir que a ocupação urbana desordenada e irregular podem causar problemas decorrentes, provocando assim o desequilíbrio dos sistemas ambientais, causando pesado ônus ao Poder Público e riscos às populações. Entre eles destacam-se aqueles relacionados ao meio físico e às atividades antrópicas indiscriminadas como a ocupação de áreas de várzeas, áreas sujeitas a inundações, áreas com declividades acentuadas e áreas com alta suscetibilidade aos processos de erosão, conforme atestam os trabalhos de Escada (1992), Vieira et al. (1993) e Costa (1996).

Cabe salientar a importância do planejamento do crescimento das cidades, e estudar as tendências de expansão da mancha urbana e a sua interação com o meio físico. Segundo Jensen (1983) estudos deste nível tem sido realizados através da análise visual de aerofotografias e sua posterior comparação com as cartas existentes. No entanto, essa técnica em geral apresenta custo elevado e os dados resultantes tornam-se desatualizados em curto espaço de tempo.

As técnicas convencionais, quando aplicadas para monitorar a expansão urbana não tem conseguido acompanhar a velocidade com que o fenômeno se efetua. Para Foresti (1990) deve-se alertar para a necessidade da busca de novos métodos, empregando tecnologias mais adequadas, para detectar, em tempo real, a expansão urbana e as alterações ambientais decorrentes, contribuindo para uma maior eficiência da ação dos órgãos públicos.

Com isso, a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas aos recursos dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), constituem cada vez mais instrumentos fundamentais na análise dos fenômenos urbanos e conseqüentemente no fornecimento de subsídios relevantes para o planejamento físico territorial, conforme demonstram os trabalhos de Foresti (1990), Escada (1992), Costa (1996), Valerio Filho (1998).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo o monitoramento da dinâmica do crescimento urbano em áreas de riscos à ocupação, com o suporte das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

2. Materiais e Métodos

2.1 Município de São José dos Campos

O município de São José dos Campos está localizado na porção leste do Estado de São Paulo, na Região do Vale do Paraíba, limitado pelas coordenadas 23°20'00" de latitude sul, 45°52' 30" de longitude W.Gr. e 22°47'30" de latitude sul, 45°41'15" de longitude W.Gr (Figura 2.1). Possui uma área total de 1.118 km², e população de aproximadamente 442.000 habitantes (IPT, 1996).

É atualmente o município de maior destaque e influência na região, como pode-se observar através da sua taxa de crescimento (0,8% em 1970, 1,1% em 1980 e 1,4 em 1991) e pelo seu desenvolvimento industrial (município do Interior com maior porcentagem de área industrial construída, entre 1980-1985, Secretaria do Meio Ambiente - SMA, 1989). Destacam-se as indústrias de bens de consumo duráveis e de capital, favorecidas principalmente, pela localização entre os dois maiores centros urbano-industriais do País (São Paulo e Rio de Janeiro), (IPT,1996).

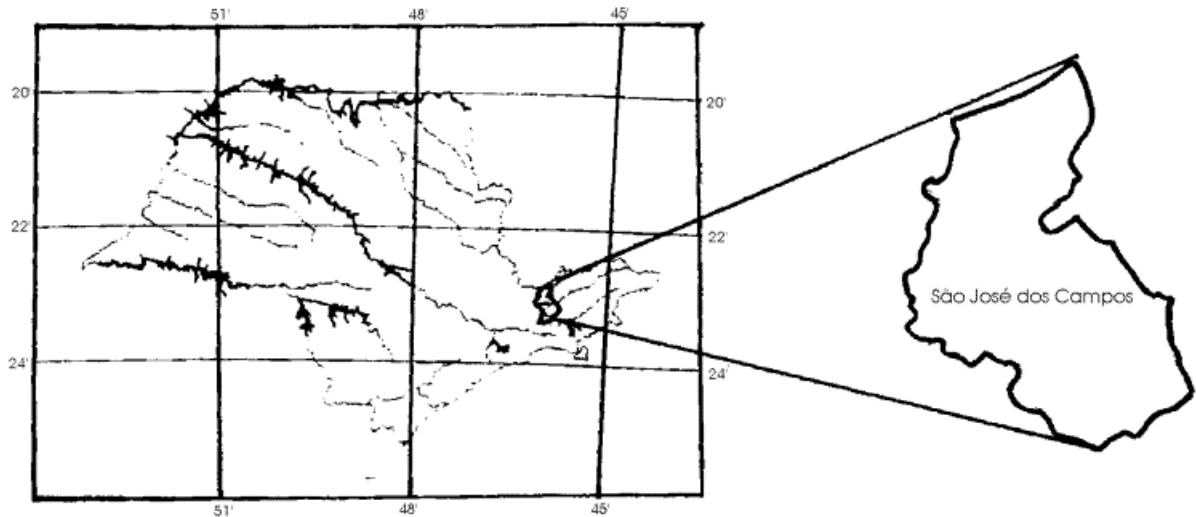


Fig. 2.1: Localização do Município de São José dos Campos - Fonte: IPT, 1996

A consolidação de São José dos Campos como pólo industrial trouxe também o êxodo rural e o adensamento e expansão da área urbana. Tal situação teve como consequência a ocupação, cada vez maior e muitas vezes inadequada, de terrenos mais problemáticos, como as encostas de maior declividade e fundos de vale sujeitos a inundação, além da deficiência na implantação de infra-estrutura necessária, como rede de água e esgoto; portanto, com reflexos na qualidade de vida da população (IPT, 1996).

2.2 Delimitação da Área de Estudo

Para o desenvolvimento deste trabalho foi selecionada a Bacia do Córrego Pararangaba, envolvendo também uma parte da Bacia do Rio Paraíba (Figura 2.2), totalizando-se uma área de 73,20 km², que estão inseridas na região leste do município de São José dos Campos, por ser uma área que está sofrendo sérios problemas de erosão devido à ocupação de maneira indevida.

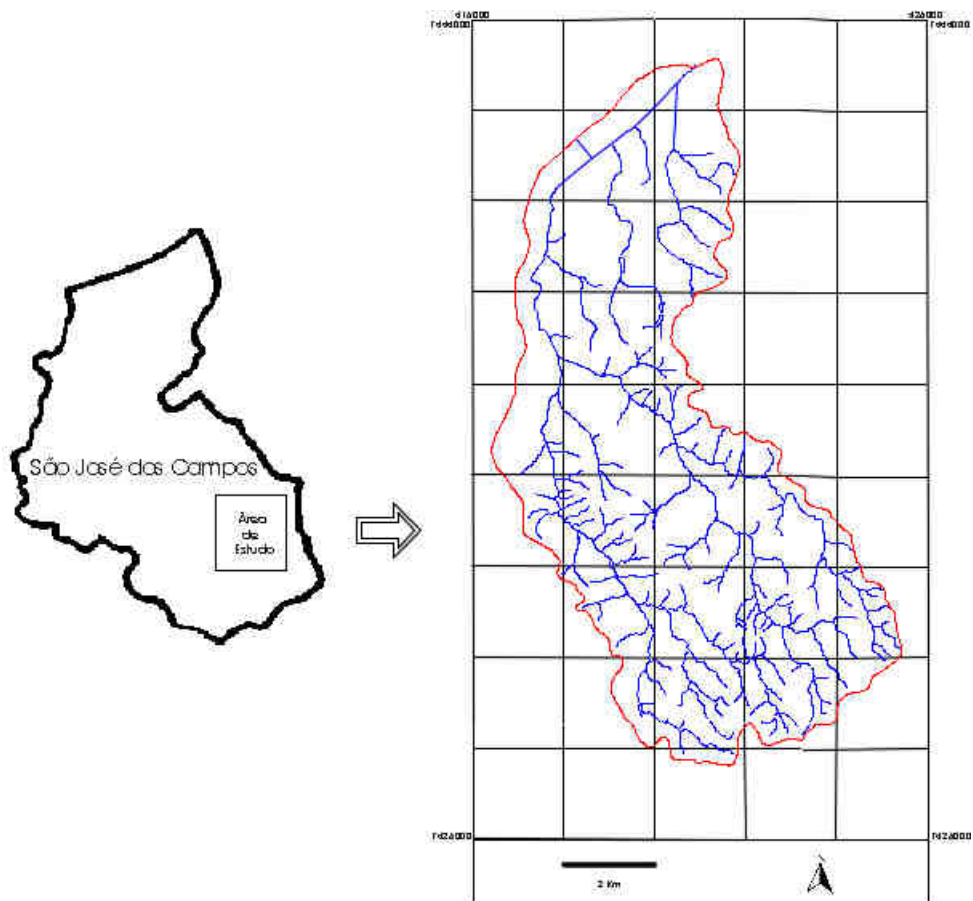


Fig. 2.2: Localização da área de estudo (Bacia do Córrego Parangaba)

2.3 Materiais e equipamentos

2.3.1 Materiais

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram 9 Cartas Planialtimétricas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala de 1:10.000, de 1978; 3 Cartas Planialtimétricas do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, de 1974 na escala de 1:50.000; Carta Geotécnica do Município de São José dos Campos, na escala de 1:50.000, publicada em 1996 pelo IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas; GPS - Garmim Survey II para georreferenciamento das informações obtidas em trabalho de campo; Imagem TM/LANDSAT em papel, órbita/ponto 219/076 EE, nas bandas 5(R), 4(G) e 3(B), da passagem em 02/09/1996 na escala de 1:50.000; Carta temática da expansão urbana de São José dos Campos de 1985 do Projeto AUTES "Atualização do Uso da Terra do Município de São José dos Campos através de dados de Sensoriamento Remoto"; Carta temática da expansão urbana de São José dos Campos de 1991, projeto realizado entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Prefeitura Municipal de São José dos Campos (PMSJC), utilizando como base o projeto AUTES.

2.3.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram: Mesa de luz para interpretação de imagens orbitais; estação SGI\INPE com Sistema de Informações Geográficas; Impressora colorida e software para o cruzamento dos dados desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento da UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba.

2.4 Metodologia

A delimitação da área de estudo (Bacia do Córrego Pararangaba) na base cartográfica, foi realizada com o auxílio das cartas cartográficas na escala 1:10.000, procurando-se representar a rede hidrográfica, rede viária e o divisor da bacia hidrográfica, processo este realizado através do software SGI\INPE.

O mapeamento das áreas urbanizadas no período analisado, foram obtidas de documentos disponíveis, 1985 conforme AUTES (Pereira et al., 1987) e 1991 conforme Bologna et al.(1997) e para o ano de 1996 foi obtido através da análise e interpretação da composição colorida TM 3B, 4G e 5R na escala de 1:50.000.

A base de dados do meio físico foi obtida através da compilação de levantamentos disponíveis conforme IPT (1996) e Kurkdjian et al. (1992), sendo que a carta de declividade foi obtida com o auxílio de um ábaco analógico e uma carta topográfica na escala 1:10.000 conforme De Biasi (1970). Tanto a carta de declividade como as cartas geotécnica e de solos foram digitalizadas através do software SGI\INPE.

Após a obtenção desses dados, foram realizados os cruzamentos através do software MCRUZA, este desenvolvido na plataforma DOS em Pascal 7, pelo Laboratório de Geoprocessamento da UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba. Em uma primeira fase foi realizado o cruzamento das cartas geotécnica, de solos e carta de declividade, dando origem a carta de potencial de risco à erosão. Em uma segunda etapa foi realizado o cruzamento da carta de risco com as áreas urbanizadas na Bacia do Córrego Pararangaba nas datas de 1985, 1991 e 1996, obtendo-se assim a quantificação e a espacialização da urbanização no período analisado.

3. Resultados

Inicialmente foi realizado o levantamento da expansão urbana do Município de São José dos Campos em três datas, em 1985, 1991 e 1996, as quais são apresentados na Figura 3.1, e os resultados do crescimento da expansão urbana com as suas taxas de urbanização para a área de estudo, são apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Taxa de urbanização da área de estudo.

BACIA DO CÓRREGO PARARANGABA	ÁREA (Km ²)	Taxa de Urbanização	
		1985-1991	1991-1996
Urbanização em 1985	6,2	159,68 %	31,68 %
Urbanização em 1991	16,1		
Urbanização em 1996	21,2		

Verifica-se pela Tabela 3.1 que no período de 1985-1991 houve um incremento significativo na taxa de urbanização e que pode ser verificado pela Figura 3.1, a qual apresenta uma maior evidência do crescimento da expansão urbana no setor leste do município.

Em uma segunda etapa, foi realizado o levantamento da base de dados do meio físico da área de estudo como, carta geotécnica (IPT 1996), carta de solos (Kurkdjian et al., 1992) e confeccionada uma carta de declividade na escala de 1:10.000, elaborada com o auxílio de um ábaco analógico (De Biasi, 1970).

Após a obtenção de informações do meio físico da área de estudo, foi realizado o cruzamento de variáveis das unidades geotécnicas, unidades de solos e as classes de declividade, onde cada parâmetro recebeu um valor em função da sua maior ou menor suscetibilidade à erosão e assim foram dados pesos para as suas classes, conforme Tabelas 3.2 (unidades geotécnicas), 3.3 (unidades de solos) e 3.4 (classes de declividade). O cruzamento das classes com a soma dos pesos das mesmas, resultaram nas classes de maior ou menor potencialidade de risco à erosão, obtendo-se assim a carta de potencial de risco à erosão, conforme Figura 3.2.

Tabela 3.2 - Unidades Geotécnicas com seus respectivos pesos.

UNIDADES GEOTÉCNICAS	PESO DAS UNIDADES
Aluviões arenosos	7
Aluviões argilosos	5
Colinas/morrotes em sedimentos arenosos	5
Colinas/morrotes em sedimentos em argila-expansiva	3
Colinas/morrotes em sedimentos em argila-arenosa	3
Morros c/ substrato migmatitos/gnaisses/xisto/filitos	6
Colinas/morrotes com embasamento cristalino	6

Tabela 3.3 - Unidades de Solo com seus respectivos pesos.

UNIDADES DE SOLOS	PESO DAS UNIDADES
Glei Húmico Álico (HGHa2)	8
Latossolo Vermelho Amarelo Álico (LVa)	4
Podzólico Vermelho Amarelo Álico (Pva23)	9
Podzólico Vermelho Amarelo Álico (Pva19)	5

Tabela 3.4 - Classes de Declividade com seus respectivos pesos.

Intervalos das Classes de Declividade (%)	PESO DAS UNIDADES
0 - 5	1
0 - 5 (em áreas de várzea)	10
5 - 15	2
15 -30	3
> 30	10

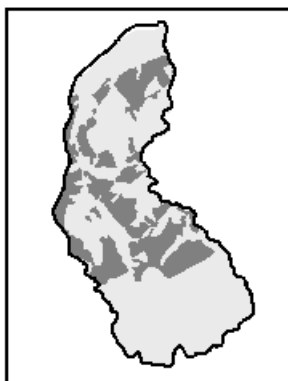
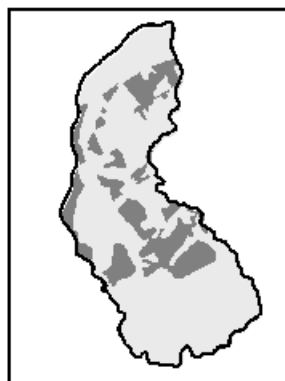
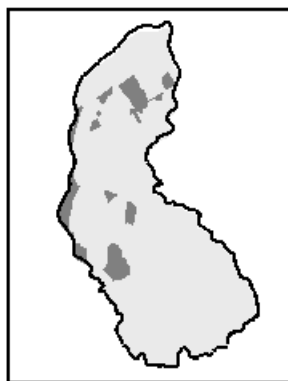


Fig. 3.1: Mancha Urbana na Bacia Córrego Pararangaba

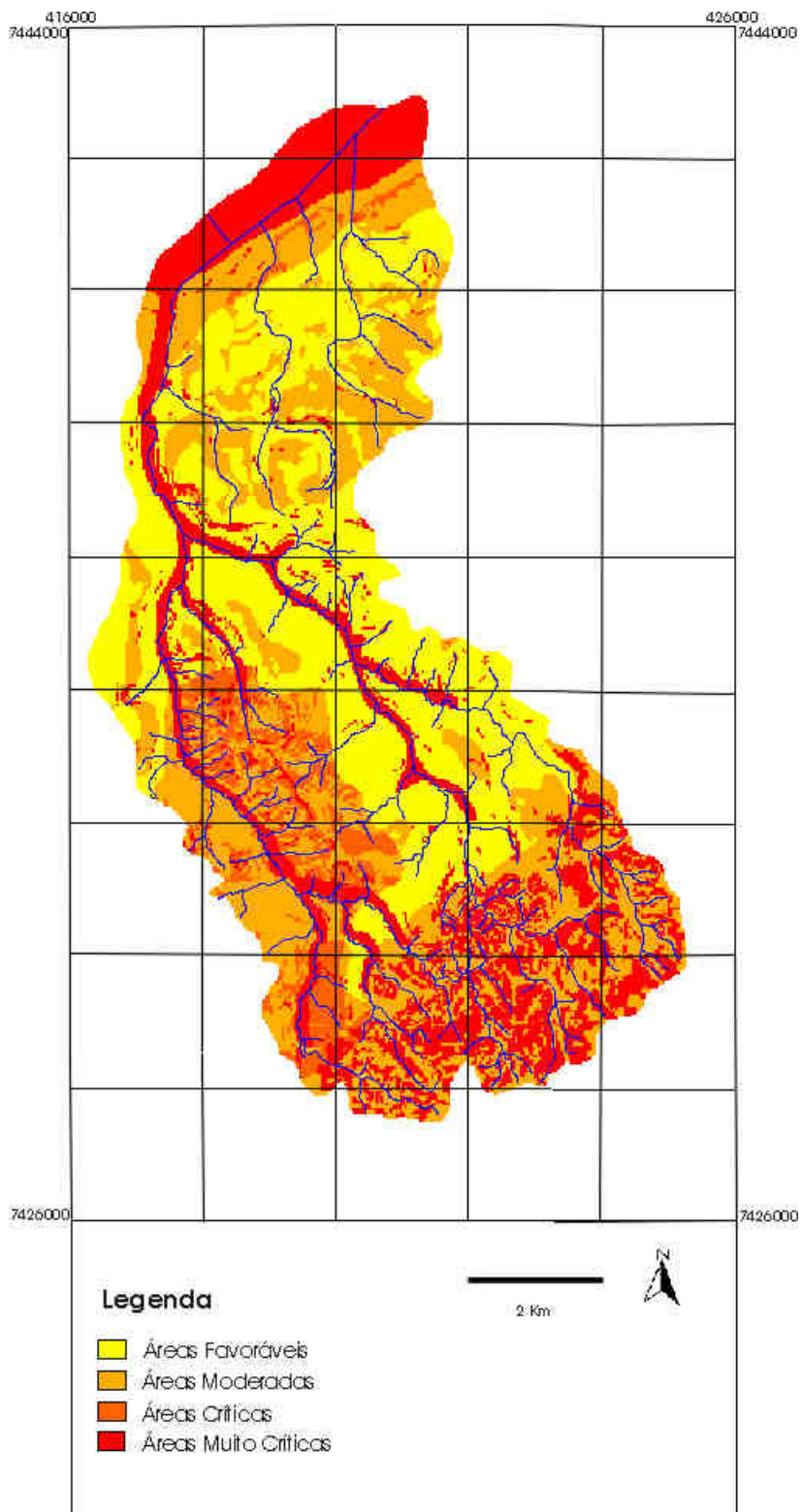


Figura 3.2- Carta de Potencial de Risco à Erosão.

Figura 3.2

O cruzamento das áreas urbanizadas para as diferentes datas com a carta de potencial de risco possibilitou quantificar e espacializar o crescimento urbano nas áreas de risco conforme pode ser observado.

Com a disponibilidade das informações das áreas urbanizadas para a da área de estudo e a carta de risco potencial à erosão, foi realizado o cruzamento desses dados, obtendo-se então a expansão da mancha urbanizada em áreas de potencial de risco à erosão para as datas de 1985, 1991 e 1996, conforme Figura 3.3, com as suas respectivas áreas em km² e taxas de urbanização, conforme apresentado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Taxa de Urbanização em Áreas de Risco à Erosão

	Expansão Urbana em 1985 (km2)	Taxa de Urbanização 1985-1991	Expansão Urbana em 1991 (km2)	Taxa de Urbanização 1991-1996	Expansão Urbana em 1996 (km2)
Áreas Favoráveis	3,46	199,42 %	10,36	22,97 %	12,74
Áreas Moderadas	1,90	100,52 %	3,81	45,40 %	5,54
Áreas Críticas	0,46	78,26 %	0,82	40,24 %	1,15
Áreas Muito Críticas	0,42	185,71 %	1,20	46,67 %	1,76

Como pode ser observado pela Tabela 3.5, houve uma alta taxa de urbanização em áreas favoráveis no período entre 1985 e 1991, em contrapartida houve uma queda muito grande no período de 1991 a 1996, o que já não ocorreu em áreas muito críticas, e principalmente em áreas críticas, que caiu de 78,26% para 40,24%. Com isso é importante salientar que houve uma maior taxa de urbanização em áreas críticas e moderadas.

Ao longo das três datas analisadas, foi constatado que houve 60,12% de ocupação urbana em áreas favoráveis à ocupação, 26,14% em áreas moderadas, 5,42% em áreas críticas e 8,30% em áreas muito críticas, totalizando em 1996 uma área de 21,19 km² de área urbanizada na Bacia do Córrego Pararangaba, sendo que aproximadamente 14% da área ocupada pela urbanização encontra-se em áreas de risco à erosão, demonstrando assim a necessidade de ações mitigadoras para impedir o avanço dos processos de degradação nestas áreas urbanizadas.

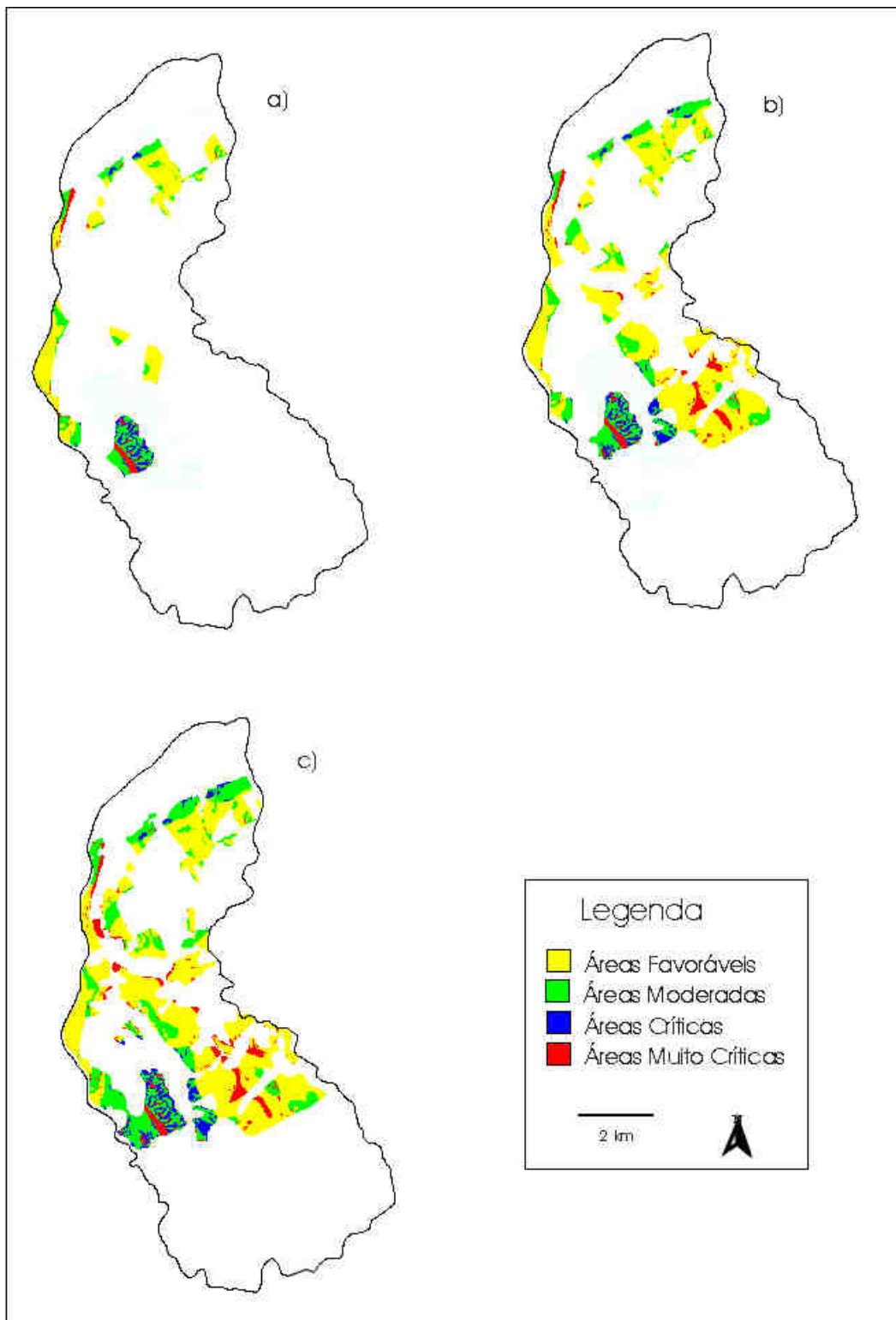


Figura 3.3 - Expansão Urbana em Áreas de Potencial de Risco à Erosão:
a)1985, b)1991 e c)1996.

Figura 3.3

4. Conclusões

A metodologia utilizada nessa pesquisa mostrou-se eficiente para o alcance dos objetivos propostos, permitindo caracterizar e espacializar as áreas urbanizadas em locais inadequados.

O software desenvolvido na UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba, utilizado para o cruzamento do dados temáticos, atingiu os resultados esperados, possibilitando o monitoramento da urbanização em áreas potenciais de risco à erosão.

5. Referências Bibliográficas

BOLOGNA, S.M.S.; NETO FRIGGI, J.; KURKDJIAN, M.L.N.O.; PEREIRA, M.N.; BRITZ JUNIOR, R. A.; TOLENTINO, R. *Uso de dados de sensoriamento remoto para subsidiar a atualização do cadastro imobiliário urbano no município de São José dos Campos.* São José dos Campos, INPE, 1997 (INPE 6146-NTC/330).

COSTA, S.M.F. & SILVA, E.A. *Urbanização da área metropolitana de Belo Horizonte - o monitoramento do crescimento urbano através do sistema de informações geográficas SGI/INPE.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., Curitiba, PR, 10-14 maio, 1993. Anais. Curitiba. v.1, p.41-46.

COSTA, S.M.F. *Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologia de SIG e sensoriamento remoto - Aplicação à área metropolitana de Belo Horizonte.* São Paulo, 1996. Dissertação de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 179p.

DE BIASI, M. *Cartas de declividade: Confecção e utilização.* São Paulo, USP. IGEOG, 1970. (Série Geomorfológica, 21).

ESCADA, M.I.S. *Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para o planejamento de espaços livres urbanos de uso coletivo.* (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 1992, 133p. (INPE-5441-TDI/487).

FORESTI, C. *Proposta metodológica para o estudo ambiental e da estruturação do espaço urbano em áreas metropolitanas.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., Manaus, AM. 24-29 jun., 1990. Anais. v.2, p.336-340.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. *Carta Geotécnica de São José dos Campos.* São Paulo. 1ª edição. 1996. São Paulo: IPT, 10/10/1996. 43p.

JENSEN, J.R.; BRYAN, M.L.; FRIEDMAN, S.Z.; HENDERSON, F.M.; HOLZ, R.K.; LINDGREN, D.; TOLL, D.L.; WELCH, R.A. & WRAY, J.R. 1993. Urban/suburban land se analysis. In : ESTES, J.E., ed. *Manual of remote sensing.* 2.ed. Falls Church, VA : American Society of Photogrammetry. v.2, p.1571-666.

KURKDJIAN, M.L.N.O.; VALERIO FILHO, M.; VENEZIANI, P.; PEREIRA, M.N.; FLORENZANO, T.G.; ANJOS, C.E.; OHARA, T.; DONZELI, P.L.; ABDON, M.M.; SAUSEN, T.M.; PINTO, S.A.F.; BERTOLDO, M.A.; BLANCO, J.G.; CZORDAS, S.M. *Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.* São José dos Campos, 1992. 176 p (INPE-5381-PRP/165)

PEREIRA, M.N.; NOVO, E.M.L.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O.; D'ALGE, J.C.L. *Atualização do uso da terra do município de São José dos Campos, através de dados de sensoriamento remoto.* São José dos Campos, INPE, 1987.

VALERIO FILHO, M. *Técnicas de Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional.* VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente, São Paulo. Abril de 1998. CD-ROOM.

VIEIRA, I.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O. 1993. *Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsidio ao estabelecimento de critérios de ocupação em áreas urbanas.* In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. Curitiba, PR, 10-14 maio, 1993. Anais. Curitiba. v.1, p. 163-171.