

# Estudo da Compatibilidade Entre Crescimento Urbano e Aptidão Física Utilizando Geotecnologias - Um Estudo de Caso

Prof<sup>a</sup> Dra Sandra M.F. da Costa<sup>1</sup>  
 Prof<sup>a</sup> M.Sc. Angélica Carvalho Di Maio Mantovani  
 Rene Novaes Junior

Universidade do Vale do Paraíba - I.P.& D.  
 Av. Shishima Hifumi, 2911 - URBANOVA  
 12244-000 São José dos Campos SP

<sup>1</sup> ✉ Sandra@univap.br

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Introdução</li> <li>2 Área de Estudo</li> <li>3 Metodologia           <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Produção dos mapas da área urbana</li> <li>3.2 Elaborando o mapa de declividade e drenagem</li> <li>3.3 Produção do mapa de aptidão física</li> <li>3.4 Análise do crescimento urbano e suas relações com o meio ambiente</li> </ol> </li> <li>4 Resultados e Discussão           <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 Crescimento Urbano</li> <li>4.2 O Crescimento urbano e o meio físico</li> </ol> </li> <li>5 Conclusão</li> <li>6 Agradecimentos</li> <li>7 Referências Bibliográficas</li> </ol>
-----------------	---

**Resumo:** A cidade de São José dos Campos, localizada no estado de São Paulo, foi, e continua sendo, marcada por uma intensa industrialização, a qual passou a comandar o crescimento do município após a década de 50. Após a década de 60, os Planos Diretores, aliados à industrialização, tornaram-se importantes ferramentas do poder público municipal para a definição de uma nova cidade, de uma nova estrutura urbana, desencadeando mudanças no espaço urbano. Neste sentido, esta pesquisa detectou e avaliou as mudanças ocorridas no espaço urbano da cidade de São José dos Campos entre 1953 e 1997, analisando as implicações ambientais, como consequência do processo de crescimento urbano sem planejamento, utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento (GEOTECNOLOGIAS). Durante o período estudado, a mancha urbana cresceu mais de 1800%, sendo que 70% dos terrenos ocupam, hoje, áreas com declividades entre 0 e 5%.

**Palavras chave:** geotecnologias, crescimento urbano, aptidão física

**Abstract:** The city of São José dos Campos is the most important city located at the Region of Paraíba River Valley, considering the process of industrialization. It was, and it continues being, marked by an intense industrialization, which started to command the growth of the municipal district after the decade of 50. The city grew without the local government could control the process definitively. In this sense, this research detected and evaluated the changes happened in the urban space of the city of São José dos Campos and analyzed the environmental occupation, as a consequence of the process of urban growth, during the period of 1953 up to 1997, without a town planning, using remote sensing data and techniques and a geographical information system (geotechnologies). The idea was to verify the city performance considering the relation between growth and site (environmental limitations) using the geotechnologies performance.

**Keywords:** geotechnologies, urban growth, environmental suitability.

## 1 Introdução

De acordo com Santos (1997), o espaço geográfico deve ser considerado como um conjunto de realizações através de funções e de formas que se apresentam como testemunho de um história escrita por processos do passado e do presente. Este espaço, ou espaço-paisagem, é o testemunho de um momento de um modo de produção nestas suas manifestações concretas, o testemunho de um momento do mundo. Neste contexto, Souza (1999) e Carlos (1992) afirmam que o espaço urbano é a expressão espacial do modo de produção: é mundial, abstrato. Reproduz, num momento, vários momentos da história.

De acordo com Gottdiener (1993), a forma do espaço urbano é a materialização do desenvolvimento contínuo do capitalismo. Assim, os traços distintivos da morfologia espacial urbana estão dialeticamente relacionados com as mudanças estruturais na organização social.

Estes conceitos permitem concluir que é muito importante, para compreender o espaço urbano, ou a cidade, estudar e analisar a forma urbana e seu crescimento como subsídios às políticas de planejamento. Frequentemente, este tipo de estudo mostram que o crescimento de cidades é um processo dinâmico, invadindo, constantemente, áreas que não são adequadas para usos do solo urbano, guiando o crescimento da mancha urbana que é usualmente não planejado (Nagarathinam et al., 1988).

Neste contexto, *geotecnologias* (o uso conjunto de tecnologias de sensoriamento remoto e SIG) tem sido utilizadas como uma ferramenta importante para ajudar planejadores urbanos apreenderem a dinâmica espacial e a forma urbana. Podem fornecer aos planejadores material visual impactante e um método de monitoramento de áreas urbanas, os quais são importantes na formulação e monitoramento de estratégias de planejamento urbano e de políticas municipais. Este ferramental tem sido aplicado com sucesso em

diferentes estudos urbanos: Li e Forster (1998), Costa e Cintra (1999), Meinel et al. (1998), Pathan et al. (1998).

Considerando o exposto acima, esta pesquisa detectou e avaliou as mudanças ocorridas no espaço urbano da cidade de São José dos Campos, São Paulo, e analisando também sob o ponto de vista ambiental, como uma consequência do processo de crescimento urbano utilizando *geotecnologias*. Este trabalho analisou o período de maior transformação urbana para o Brasil e, consequentemente, para esta cidade, em relação à industrialização e às mudanças econômicas recentes: de 1950 a 1997.

## 2 Área de Estudo

A Região do Vale do Paraíba fica situada na região sul do Estado de São Paulo, também conhecido como Cone Sul. Esta área foi alvo do processo de industrialização intensa, ocorrida entre 1960 e 1980 no Brasil. Esta região concentrou, e ainda concentra, muitas indústrias e algumas cidades participaram deste processo mais diretamente que outras.

A cidade de São José dos Campos é a cidade mais importante desta região, considerando o processo de industrialização que começou a comandar o crescimento do município depois da década de 50, produzindo um crescimento sem um controle rigoroso do governo local. Este processo acelerou-se depois da década de 50, com a inauguração da rodovia Presidente Dutra, a operação do CTA (Centro Técnico Aeroespacial) e do INPE (Instituto de Nacional de Pesquisa Espacial). Esta aceleração também foi decisiva no processo de reestruturação da área urbana. Recentemente, foi observado uma reorganização do espaço intra-urbano na cidade de São José dos Campos, considerando a nova face da cidade frente às mudanças no panorama econômico do país e considerando as novas leis municipais de zoneamento.

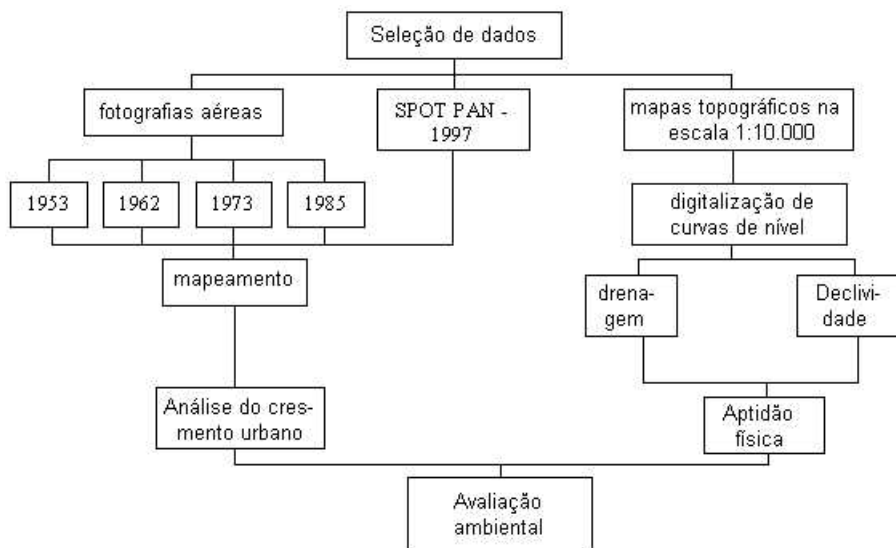
A área selecionada para esta pesquisa corresponde ao perímetro urbano do município (figura 1), definido em 1997, de acordo com a respectiva Lei de Zoneamento. O perímetro urbano é a fronteira de uma superfície que se quer ocupar com uma cidade. Ele é fundamental para a organização administrativa do município, pois separa as áreas urbanas das rurais. É estabelecido por lei e sem perímetro definido é impossível estabelecer qualquer planejamento urbano. O perímetro urbano deve refletir a dinâmica da cidade, o que obriga a sua revisão de tempos em tempos (Ferreira dos Santos, 1988).



Fig. 1 : Localização da área de estudo

## 3 Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo seguiu o fluxograma de atividades apresentado na figura 2. Os principais passos da pesquisa são detalhados a seguir.



**Fig. 2** : Fluxograma de atividades

### 3.1 Produção dos mapas da área urbana

De acordo com o fluxograma, alguns dados foram coletados para produzir um mapa da área urbana em períodos distintos e proporcionar a identificação de mudanças no espaço urbano. Esses mapas foram elaborados utilizando fotografias aéreas, na escala 1:25.000, obtidas em 1953, 1962, 1973 e 1985, e uma imagem SPOT Pancromática, obtida em 1997, escala 1:25.000. Destes dados, foram extraídos os limites urbanos, os quais foram digitalizados para o SIG Arc-Info e manipulados (sobrepostos) para permitir o cálculo da taxa de crescimento urbano e definir os principais eixos de crescimento entre cada período de estudo.

### 3.2 Elaborando o mapa de declividade e drenagem

O perímetro urbano de cidade de São José dos Campos é coberto por 21 cartas topográficas na escala 1:10.000. Todos estes mapas foram digitalizados considerando as curvas de nível, obtidas a cada 5 metros. Depois disso, um mapa de declividade foi produzido com cinco classes, em graus, usando os comandos Arco-Info: creatin (produz um TIN a partir de dados vetoriais), tinarc (produz um mapa de declividade em graus ou porcentagem), e polygrid (produz um mapa no formato raster para possibilitar o cruzamento de dados).

A partir das cartas, também foram extraídas informações sobre a drenagem. Todos os rios e nascentes foram digitalizados, na mesma escala. A partir destas informações, utilizando-se o código florestal, foi produzido um mapa "buffer", mostrando a distância de trinta metros das margens dos rios e 50 metros das nascentes. Estas informações permitiram visualizar as incoerências do processo de ocupação considerando estas duas variáveis físicas.

### 3.3 Produção do mapa de aptidão física

A partir dos dados de declividade e drenagem, foi elaborado um mapa de aptidão física da área à ocupação humana, considerando estes dois aspectos ambientais. De acordo com as características de cada mapa temático (tabela 1), e com a metodologia proposta por Costa (1996), foi produzido o mapa de aptidão física. Na metodologia citada, a autora estabelece cruzamento de três informações físicas (drenagem, declividade e solos), considerando as características e limitações à ocupação de cada classe encontrada nas respectivas categorias.

Na tabela 2 é mostrado como foi elaborado o cruzamento destas informações no referido trabalho e na tabela 3 como que estas informações foram consideradas nesta pesquisa.

**Tabela 1** Classes definidas para as informações temáticas

Categoria de Análise	Classes
Declividade	0º à 5º 6º à 10º 11º à 15º 16º à 40º 41º à 60º >60º
Drenagem	Distância até 30 metros das margens

### 3.4 Análise do crescimento urbano e suas relações com o meio ambiente

O próximo passo foi estabelecer a relação entre os mapas de área urbana, produzidos para cada ano e o mapa de aptidão física, o qual foi produzido utilizando o SIG Arc-Info permitindo, assim, estabelecer a regra de cruzamento (tabela 3). Deste modo, foi possível entender o comportamento da cidade considerando a limitação ambiental, no que diz respeito à declividade e drenagem.

Outro resultado importante foi a análise dos eixos de crescimento urbano de acordo com a topografia, utilizando-se o SPRING, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional para Pesquisa de Espaço). Um trabalho de campo foi realizado para conferir os resultados obtidos.

**Tabela 2** Cruzamento de Dados Físicos

Mapa	Classe	Restrições à Ocupação
Declividade	Classe I - <10%	áreas sem restrições à ocupação
	Classe II – de 10 à 20%	áreas com restrições à ocupação
	Classe III - > 20%	áreas proibidas à ocupação
Solo	Classe 1	Sem risco à erosão
	Classe 2- Aluvião	Sem risco à erosão mais proibido à ocupação
	Classe 3	Baixo a médio risco à erosão
	Classe 4	Alto risco à erosão
	Classe 5	Afloramento rochoso
Drenagem	Classe 1	Ocupação permitida
	Classe 2	Ocupação permitida com restrições
	Classe 3	Ocupação proibida

**Tabela 3** Regra de Cruzamento

Mapa	Classe	Restrições à Ocupação
Declividade	Classe I - $\leq 10^\circ$	áreas sem restrições à ocupação
	Classe II – de $11^\circ$ à $20^\circ$	áreas com baixa/média restrição à ocupação
	Classe III - de $21^\circ$ à $40^\circ$	Áreas com alta restrição à ocupação
	Classe IV - $> 40^\circ$	áreas proibidas à ocupação
Drenagem	Classe 1 - $> 30$ metros	Ocupação permitida
	Classe 2 - $\leq 30$ metros	Ocupação proibida
Cruzamento	Classe 1	Declividade $\leq 10^\circ$ e distância das margens $> 30$ m
	Classe 2	Declividade $> 10^\circ$ e $\leq 20^\circ$ e distância das margens $> 30$ m
	Classe 3	Declividade $> 20^\circ$ e $\leq 40^\circ$ e distância das margens $> 30$ m
	Classe 4	Declividade $> 40^\circ$ e distância das margens $> 30$ m
	Classe 5	Declividade $\leq 10^\circ$ e distância das margens $\leq 30$ m

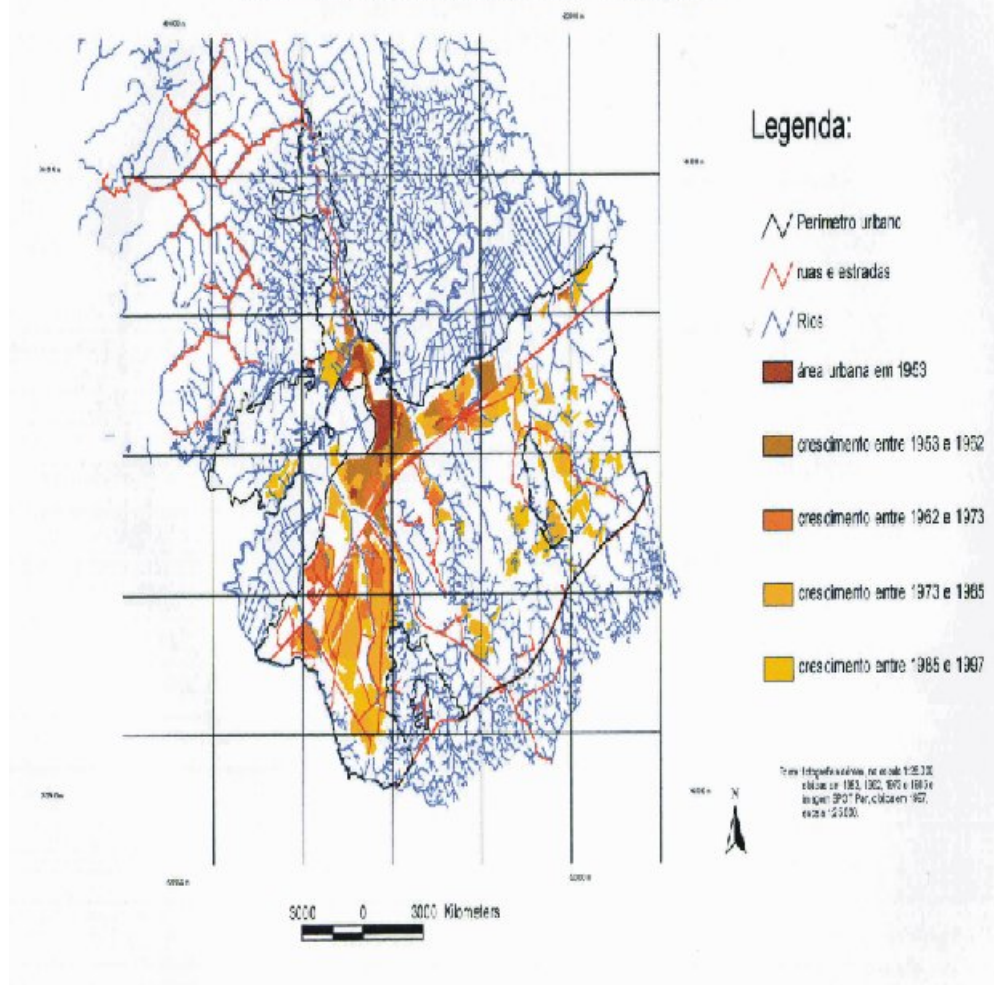
## 4 Resultados e Discussão

### 4.1 Crescimento Urbano

O mapa de crescimento urbano produzido, utilizando as fotografias aéreas e a imagem de satélite SPOT/PAN, pode ser visualizado na figura 3. De acordo com este mapa, a cidade estudada tinha ocupado o planalto principal completamente até 1962. De fato, naquele momento a cidade não tinha uma lei de zoneamento que pudesse controlar ou até mesmo guiar seu crescimento e, por algumas decisões públicas, a cidade foi sendo adaptada ao seu desenvolvimento industrial dinâmico.

A primeira lei de zoneamento foi elaborada em 1971 (Lei no. 1606/71) e seu efeito não foi percebido em 1973. Como declarado por aquela Lei, o uso do solo urbano era organizado e algumas direções de expansão urbana eram estabelecidas. Entre 1962 e 1973 a cidade apresentou um novo eixo de crescimento, na direção Sul e Sudeste, sendo guiado pela existência de espaços livres com infraestrutura. Durante o período de 1973 a 1985, a taxa de crescimento urbano foi mais significativo em direção à zona Sul. Isto foi incentivado pela lei de zoneamento proposta em 1980, a qual especificou aquela área como zona residencial unifamiliar. A taxa de crescimento urbano durante este período não foi a maior mas a mais significativa em termos de números absolutos (tabela 4). Naquele momento, o município teve um aumento na sua industrialização, o qual produziu efeitos na área urbana tais como aumento da população urbana e crescimento econômico.

## Crescimento Urbano entre 1953 e 1997 Cidade de São José dos Campos



**Fig. 3 :** Mapa representando o crescimento urbano entre 1953 e 1997

Entre 1985 e 1997, é possível notar uma diminuição no processo (tabela 4), causada por problemas econômicos (crise de 80) e por um crescimento urbano vertical maior que horizontal. Os principais eixos de crescimento urbano durante este período (Figura 3) ocorreu no setor sudoeste da cidade, onde muitos assentamentos ilegais surgiram. A Lei de zoneamento, aprovada em 1990, definiu aquela área como "macrozona de expansão urbana", a qual, associada ao baixo preço da terras, motivou o crescimento para àquela direção. A última lei de zoneamento, publicada em 1997, tentou corrigir essas falhas porém ainda não foi possível medir os seus reflexos.

**Tabela 4** Taxas de Crescimento da População Urbana e da área Urbana entre 1953 e 1997

Ano	Crescimento urbano (km <sup>2</sup> )	Taxa de Crescimento da área urbana	Taxa de crescimento da população urbana
1953 à 1962	4.8	250.0	113.8
1962 à 1973	7.6	77.5	132.9
1973 à 1985	21.1	120.7	109.0
1985 à 1997	17.1	44.4	67.1

### 4.2 O Crescimento urbano e o meio físico

A topografia do sítio urbano é formada, predominantemente, por platôs. Esses platôs foram produzidos pela deposição de sedimentos do rio Paraíba do Sul, o principal desta região, ao longo de milhares de anos. Os terrenos mais movimentados localizam-se nos setores extremo sul e extremo norte da perímetro urbano e a área central, onde ocorreu o primeiro assentamento da cidade, tem a melhor topografia: muito plano, com pequenas variações de declividade.

É fácil perceber na área urbana, e a figura 5 mostra claramente, que a cidade não possui grandes problemas associados à

declividade. Na realidade, 58.7% da área possui uma declividade que varia de 0° a 5°, e 34.8% de 6° a 15°, significando que o sítio é predominantemente plano ou suave ondulado.

Em relação às classes de aptidão (figura 6), considerando a drenagem e a declividade, constatou-se que o principal problema relacionado à aptidão física refere-se às microbacias que cruzam o sítio do perímetro urbano. Neste mapa, de acordo com o código florestal, considerando-se a distância de 30 metros que deve ser mantida para preservar o canal de drenagem da degradação, e de 50 metros das nascentes, observou-se que 11,24% da área do perímetro não pode ser ocupada. Porém, a maioria do sítio não impõe restrições de uso, ou seja, 74,24% da área mantém uma distância de mais de 30 metros em relação às margens dos rios, possuindo declividade entre 0° e 5° (tabela 5).



Fig. 5 :Fotografia oblíqua da área central da cidade, mostrando o platô central

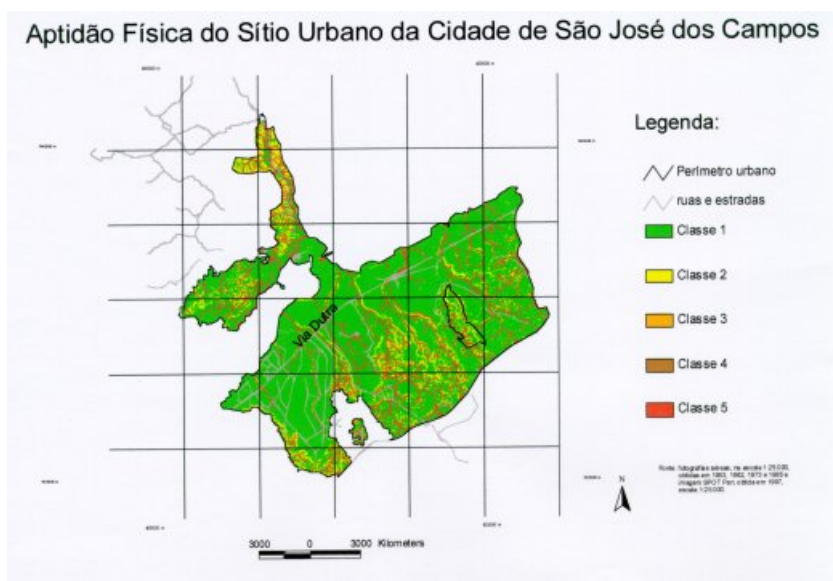


Fig. 6 :Mapa de aptidão física

Tabela 5 Área Ocupada Pelas Classes de Aptidão no Perímetro Urbano

	Área (km <sup>2</sup> )	%
Classe 1	181,5	74,4
Classe 2	34,5	14,12
Classe 3	0,5	0,2
Classe 4	0,1	0,04
Classe 5	27,4	11,24

O mapa da mancha urbana em 1997 foi cruzado com o mapa de aptidão para possibilitar a verificação das incoerências, ou seja, dos conflitos entre ocupação e aptidão física do sítio urbano (tabela 6). Assim, foi possível verificar que o maior problema da cidade é, realmente, a ocupação de várzeas. A área urbana de São José dos Campos é cortada por 8 microbacias urbanas, que encontram-se, hoje, bastante degradadas pelo processo de ocupação inadequado. De acordo com o cruzamento realizado, 4,28% da área urbana está ocupando locais com declividade igual ou inferior a 5° porém nas proximidades das margens dos rios que cruzam a cidade. Um reflexo deste panorama é sentido no período de chuvas (de novembro a março), quando os bairros localizados nestas áreas sofrem

com inundações. Outros problemas são mais pontuais pois relacionam-se a ocupação de áreas de declividade superior a 30°, ao norte ou ao sul da cidade (0,05% da área urbana atual). Como foi percebido na pesquisa, mais de 88% da cidade não está ocupando terrenos inadequados, sob o ponto de vista da declividade e da drenagem.

**Tabela 3** Área Ocupada Pelas Classes de Conflito

Classe	%
Conflito 1	4,28
Conflito 2	7,15
Conflito 3	0,03
Conflito 4	0,02
Sem conflito	88,52
Total	100

## 5 Conclusão

A avaliação do ambiente, produzida neste artigo, não utilizou muitos parâmetros físicos como geologia, geomorfologia, vegetação, e outros mas é uma parte de uma pesquisa que está começando e espera analisar todas estas informações de forma combinada. Até agora foi possível entender o comportamento do crescimento da mancha urbana e relacioná-lo à declividade e drenagem, como elementos importantes a serem considerados no processo de planejamento da expansão urbana.

Neste contexto, percebe-se claramente que o perímetro urbano foi definido de acordo com a topografia, não comprometendo definitivamente o processo de ocupação. Assim, este artigo mostra que mais que 88% da área tem um local adequado e que a área urbana tem crescido para os melhores locais.

Um próximo passo da pesquisa será analisar os outros parâmetros físicos, como também considerar as informações sócio-econômicas dentro deste contexto: relação do social com o meio físico.

Dentro das limitações de informações encontradas, foi possível perceber a eficiência e poder de auxílio das geotecnologias, a qual tem demonstrado ser uma ferramenta importante para os tomadores de decisão.

## 6 Agradecimentos

Os autores são imensamente gratos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo auxílio financeiro dado a esta pesquisa.

## 7 Referências Bibliográficas

1. Carlos, A. F. A. 1992. A cidade. Contexto, São Paulo, 98 p.
2. Costa, S.M.F. 1996. Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto – aplicação à Área Metropolitana de Belo Horizonte. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 200 p.
3. Costa, S.M.F.; Cintra, J.P.1999. Environmental analysis of the metropolitan areas in Brazil. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54(1999), pp. 41-19.
4. Ferreira dos Santos, C.N. 1988. A cidade como um jogo de cartas. Projeto Editores, São Paulo, 192 p.
5. L.; Forster, B.C. 1998. Features and themes overview of features extraction and spectral classification and the impact of high spatial resolution satellite image data. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 245-249.
6. Meinel, G.; Lippold, R.; Netzband, M. 1998. The potential use of new high resolution satellite data for urban and regional planning. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 250-257.
7. Nagarathinam, V.; Jayagobi, K.; Maruthachalam, M.; Panchanathan, S.; Palanivelu, R. 1988. Urban monitoring using SPOT imagery - a case study. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Kyoto, Japan, Vol. XXVII, Part B9, pp. vii-322-vii328.
8. Pathan, S.K.; Bhandari, R.J.; Arya, A. S.; Navalgund, R.R.; Bhavsar, N.M.; Desai, P.P.; Gajjar, K.J.; Aggarwal, B.S.; Bhowmik, M.M. 1998. A perspective plan for Ahmedabad Urban development authority area - 2011: remote sensing and GIS based approach. In: ISPRS Commission VII Symposium, Vol. XXXII, Part 7, Budapest, Hungary, pp. 258-265.
9. Santos, M. 1997. Espaço e Método. Nobel, São Paulo, 88 p.
10. Souza, M. A. de. 1999. A metrópole global? Refletindo sobre São Paulo. In: Souza, M.A. de et al. (orgs). Metrópole e globalização. CEDESP, São Paulo, 254 p.