sid.inpe.br/mtc-m19/2012/02.28.13.46-PUD

SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL APLICADO A ESTUDOS URBANOS

Íris de Marcelhas e Souza

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BEFCJH>

INPE
São José dos Campos
2012

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Gabinete do Diretor (GB)
Serviço de Informação e Documentação (SID)
Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/6921
Fax: (012) 3208-6919
E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)
Drª Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)
Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)
Dr. Germano de Souza Kienbaum - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)
Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)
Drª Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação
Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)
Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)
Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

sid.inpe.br/mtc-m19/2012/02.28.13.46-PUD

SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL APLICADO A ESTUDOS URBANOS

Íris de Marcelhas e Souza

URL do documento original:
<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3BEFCJH>

INPE
São José dos Campos
2012

AGRADECIMENTOS

À Teresa Gallotti Florenzano, pela revisão técnica e sugestões.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Imagem do Satélite Tm-Landsat-5, na composição colorida (RGB-543) adquirida em 20/09/1995. Nela é possível observar a similaridade espectral entre a área urbana de Ribeirão Preto e área de cultivo de cana-de-açúcar (período seco).....4

Figura 3.1 - Evolução da resolução espacial das imagens orbitais, mostrada em uma banda espectral. Local: Parque Santos Dumont em São José dos Campos-SP, ...8

Figura 4.1 - Imagem ETM+Landsat-7, na composição colorida 543 (RGB) das áreas urbanas de São José dos Campos, Caçapava e Taubaté no Vale do Paraíba -SP..... 10

Figura 4.2 - Manchas urbanas de cidades do Vale do Paraíba mapeadas através de classificação hibrida utilizando imagens TM-Landsat-5 de 2000.....11

Figura 4.3 - Imagens TM-Landsat-5 das cidades de São José dos Campos e Jacareí (interior de São Paulo, no Vale do Paraíba), obtidas em 1990 e 2000. As setas brancas destacam o adensamento da ocupação urbana que ocorreu nestas cidades.....12

Figura 4.4- Mapa da expansão urbana utilizando imagens do satélite Landsat em cidades do Vale do Paraíba-SP..... 13

Figura 4.5 - Mapa do uso do solo intraurbano obtido através classificação automática de imagens CBERS-2 CCD, com 20 metros de resolução espacial da cidade de São José dos Campos.....14

Figura 4.6 - Zoom de quadras amostrais classificadas e gráfico mostrando a distribuição da vegetação arbórea em áreas residenciais de populações com renda diferenciada.....17

Figura 4.7 - Mapa da dispersão urbana do município de Caçapava - SP.....19

LISTA DE TABELAS

Tabela -4.1- Resolução espacial e escala de trabalho.....10

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO 1
2- ANÁLISE DAS ÁREAS URBANAS COM SENSORIAMENTO REMOTO..... 2
3 – RESOLUÇÃO ESPACIAL E ESCALA DE ANÁLISE NO AMBIENTE URBANO..... 7
4 - EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL EM ÁREAS URBANAS 9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21

1 – INTRODUÇÃO

Algumas catástrofes da natureza, de forma isolada e continuamente modificam o ambiente, mas de forma intencional e constante, é o homem que altera os ambientes naturais e artificiais, principalmente as cidades. O homem toma decisões que mudam e sustentam este ambiente complexo que é a cidade. É na cidade que se encontram áreas industriais, comerciais, de serviços, as ruas, os parques, os bairros residenciais e outros espaços públicos que a conformam enquanto materialidade. A esta materialidade somam-se ações e relações presentes na dinâmica das cidades e que alteram tanto a materialidade quanto as pessoas. Compreender este espaço passa pelo entendimento das instancias sociais num contexto espacial e temporal. Existem duas dimensões para a compreensão deste ambiente: a dimensão humana, que muda ao longo do tempo de acordo com valores que refletem as intencionalidades do homem sobre a sociedade e a dimensão do objeto, enquanto algo concreto (SANTOS, 2006). Enquanto objeto, a cidade é passível de ser reconhecida e avaliada através de seus elementos constituintes.

A cidade é o habitat do homem contemporâneo justificando a necessidade de seu conhecimento enquanto modo de vida e planejamento enquanto forma. O planejamento territorial da cidade é dependente de informações factuais interurbanas e intraurbanas, necessárias para as soluções dos principais problemas que hoje ocorrem nas cidades como as inundações, deslizamentos, ilhas de calor, conurbação, congestionamentos, entre outros. O planejamento é um processo que possibilita elaborar um conjunto de ações orientadas sobre um fenômeno e para isso, necessita de uma gama de informações para o conhecimento da realidade dessas complexas estruturas, que são as cidades, e dos problemas que estas apresentam tanto no nível urbano quanto regional.

Para responder de forma eficaz aos desafios do planejamento e da gestão urbana e regional, no que diz respeito a informações sobre o ambiente urbano, contamos com os avanços tecnológicos nas áreas espaciais, principalmente na área de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estas tecnologias possibilitam, de forma sistemática e em diferentes escalas, monitorar mudanças e fazer análises sobre o território, auxiliando o desenvolvimento de estratégias para gerenciá-lo. Obter informação sobre a natureza e a localização dos espaços naturais e construídos tornou-se

mais acessível com o desenvolvimento e a disponibilidade de SIG de custo zero como o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas)[1] e a possibilidade de disseminação de informação espacial através da Internet. O SPRING ao integrar, analisar e gerenciar informação espacial é de grande utilidade para prefeituras, organizações comunitárias e não-governamentais, empresas privadas, escolas e cidadãos.

Para os analistas do espaço, principalmente os geógrafos, os avanço da tecnologia de sensoriamento remoto constitui um ferramental importante para o conhecimento da paisagem de forma ampliada, pois possibilita desvendar o território em diferentes escalas. Embora, esta tecnologia não permita conhecer a intencionalidade subjacente às ações societárias, que determina o uso que se faz do território, permite maior cognoscibilidade do nosso planeta, conforme aponta Santos *et al* (2001; 2006)[2]. Essa cognoscibilidade advém da possibilidade de se retirar do que é visível na paisagem (ampliada), ou que se torna visível pelas imagens (caso do infravermelho), novos conhecimentos sobre o território. Desta maneira, as imagens nos mostram os efeitos das ações humanas sobre o espaço, cabendo ao analista explicar suas causas.

2- ANÁLISE DAS ÁREAS URBANAS COM SENSORIAMENTO REMOTO

A chave para interpretar uma imagem é entender como as diferentes coberturas terrestres respondem aos processos de *Reflexão, Absorção, Transmissão* e como elas são representadas nas imagens. A energia ao interagir com os objetos da superfície terrestre é *refletida, absorvida ou transmitida.* Esses processos são dependentes das propriedades que constituem os objetos. É através de medidas de *reflectância* obtida em campo e em laboratório, que é possível construir um gráfico do comportamento padrão dos principais objetos da superfície terrestre (vegetação, solo, água) ao longo do espectro eletromagnético[3].

[1] Disponível para download em: http://www.dpi.inpe.br/spring/
[2] Cognoscibilidade pressupõe que o objeto esteja presente independentemente da interpretação ou do conhecimento que se tenha dele (SANTOS *et al* , 2001, SANTOS, 2006).
[3] Lembrando que o sensor mede de fato a radiância. A *radiância* em diferentes porções do espectro eletromagnético se compara às curvas de *reflectância* dos objetos. Lembrando também, que as variações que ocorrem nesse comportamento teórico dos objetos são conseqüência de suas propriedades, mas também de externalidades que influenciam a intensidade do sinal que é recebido pelo sensor.

Conhecendo o comportamento espectral das coberturas terrestres, o analista pode extrair informação de interesse da imagem, utilizando, diferentes procedimentos metodológicos, pois a imagem é uma entidade que permite interpretação qualitativa e quantitativa. O método qualitativo refere-se a interpretação visual, enquanto o método quantitativo utiliza ferramentas que buscam explorar a imagem enquanto entidade numérica. Em ambas as metodologias, no entanto, o aspecto visual da imagem é importante, pois visa realçar, para o analista, de forma geral, alguma característica da imagem e associá-la a cores.

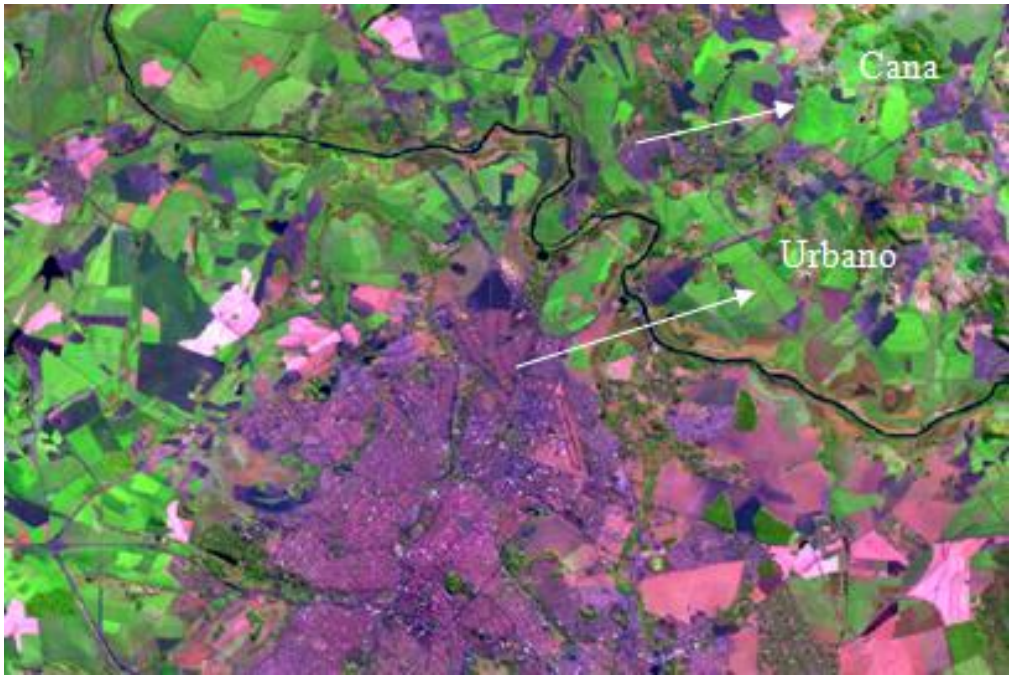
Diferente de outros tipos de coberturas ou alvos, as áreas urbanas não podem ser caracterizadas por um comportamento espectral padrão. A vegetação, os corpos aquáticos e os solos, são superfícies relativamente homogêneas em termos de cobertura, enquanto nas áreas urbanas, o que prevalece é a heterogeneidade das coberturas. As áreas urbanas são fisicamente formadas por uma grande diversidade de materiais (superfícies de concreto, asfalto, telhados de vários materiais, solo, vegetação, arbórea, grama, água entre outros), com formas, alturas e arranjos, também variados. O menor elemento numa imagem orbital (o pixel) pode representar várias coberturas, o que torna as áreas urbanas complexas do ponto de vista espectral conforme já apontava Erb em 1974 *apud* Foster (1983). Segundo esse autor, a resolução espacial e a espectral são altamente correlacionadas, pois o tamanho do pixel determina se a informação espectral representa um objeto ou uma mistura de objetos da superfície. Quanto mais homogênea a superfície, maior é a pureza do pixel na representação do objeto.

A similaridade espectral com outras coberturas pode ser um problema para o mapeamento das áreas urbanas, assim como também, para o levantamento da cobertura e do uso do solo intraurbano[4]. Deste modo, o potencial de uso dos dados de sensoriamento remoto para estudos urbanos depende, principalmente, da resolução espacial. Em imagens com resolução espacial média (10-50 m)[5], a mancha urbana se distinguem por apresentar altos valores de reflectância na faixa do visível, sendo relativamente mais fácil separá-la das principais coberturas encontradas na superfície terrestre (Figura 2.1). Ocorre que o solo, dependendo das condições, apresenta um

[4] O termo "cobertura do solo" é utilizado para caracterizar o revestimento da superfície terrestre como a água, vegetação, solo, concreto etc, enquanto o termo "uso do solo" se refere às atividades humanas sobre porções do solo (uso residencial, comercial, lazer etc.).

[5] Resolução espacial muito baixa = >250m; baixa = 50-250m; média = 10-50m; alta = 4-10m; muito alta = 1-4m; ultra alta = < 1m (segundo a Classificação de Blaschke e Kux (2007).

comportamento padrão, semelhante ás áreas urbanas, assim como também influencia, enquanto substrato, outras coberturas. O uso de imagens com essa resolução, tanto na análise analógica (interpretação visual) quanto na análise automática dificulta o mapeamento da cobertura urbana e não-urbana, pois, não permite definir com precisão os limites entre ambas[6]. Essa resolução não permite ainda, identificar e separar, com boa precisão temática, os diferentes tipos de usos intraurbanos. Entretanto, vale ressaltar os estudos urbanos realizados por Niero (1978), Pereira, *et.al*. (1989) e Alves, *et al*. (2009b), utilizando dados do Landsat, Gonçalves *et. al*. (2005), com dados do CBERS-2 e Gong e Howarth (1992), Treitz *et al.* (1992) com imagens do SPOT.



.

Figura 2.1 - Imagem do Satélite Tm-Landsat-5, na composição colorida (RGB-543) adquirida em 20/09/1995. Nela é possível observar a similaridade espectral entre a área urbana de Ribeirão Preto e área de cultivo de cana-de-açúcar (período seco).

Fonte: Acervo INPE (1995).

Uma alternativa para superar a limitação da resolução espectral nas aplicações urbanas é a exploração visual da imagem (análise qualitativa). As técnicas de interpretação permitem incorporar outros elementos além dos dados espectrais, como a forma, brilho,

[6] A separação entre as diversas coberturas pressupõe precisão temática e os limites entre elas pressupõe precisão cartográfica (JENSEN 2009; CHUVIECO, 2002).

cor, textura, localização, analise de contexto, assim como também, o conhecimento que o analista possui da área de estudo. Por essa razão, procura-se selecionar imagens das faixas do espectro que melhor contraste apresente entre o urbano e as outras coberturas.

Segundo Seevers 1985 (*apud* Pereira, 2005) mesmo não havendo consenso entre os estudiosos do tema, as bandas 3, 4 e 5[7] do sensor do Landsat- TM5 são as mais utilizadas para a interpretação visual, pois apresentam maior variação de tons e de textura da área urbana e boa separabilidade entre esta e as demais coberturas como mostrado na Figura 2.1. Alguns estudos como o de Niero *et al.* (1982), recomendam ainda, o uso de imagens do período úmido. Como no período seco, os solos, as áreas urbanas e a vegetação tendem a aumentar a reflectância, isso causa uma diminuição do contraste entre essas coberturas. No período úmido a reflectância do solo e da vegetação é menor, conseqüentemente, o contraste entre essas coberturas e as áreas urbanas é maior, contribuindo para maior precisão da separabilidade espectral entre estas coberturas.

A técnica de interpretação visual busca superar, embora não completamente, as limitações espectrais das imagens de média resolução espacial. No entanto, essa metodologia esta sujeita a subjetividade, morosidade e imprecisão dos limites temáticos e cartográficos do urbano e intraurbano. Desta maneira, os recursos de processamento digital visando realçar limites e diferença entre as coberturas e os usos se mostram mais adequados quando se trabalha com imagens digitais de média resolução espacial. Dentre esses recursos, convém citar a extração automática das áreas urbanas utilizando dados de diferentes sensores ou incorporando informação do canal termal, utilizado por Lu e Weng (2005), aplicações de técnicas para redução da dimensionalidade dos dados (redundância entre as imagens), como destaca Costa (1989), entre outras técnicas de processamento de imagens.

Outro exemplo, da busca de superação das limitações espectrais para o mapeamento das áreas urbanas, frente ás imagens de sensoriamento remoto de média resolução, é a classificação hibrida. O uso de técnicas hibrida (automáticas e analógicas) permite classificar e delimitar com mais precisão as manchas urbanas conforme aplicação

[7] Referente ao vermelho (visível), infravermelho próximo é médio, respectivamente.

realizada por Pereira, *et.al*. (2005), cujos procedimentos dependem em grande parte do conhecimento da área de estudo e da experiência do interprete.
Vale a pena ressaltar, os estudos como o de Small (2001, 2005) e Fuckner *et al* (2009a), que buscam, através de algoritmos, separar os principais elementos da cobertura urbana (vegetação, solo, superfície impermeabilizada, sombra e água) visando criar bibliotecas espectrais específicas para caracterizar o comportamento das cidades[8].

Em função desses problemas: mistura dos pixels e da alta variabilidade dos materiais que compõem as coberturas urbanas, e considerando uma resolução espacial média, os avanços das novas técnicas de classificação baseadas na cognição, mostram o potencial dessas novas metodologias para as aplicações do sensoriamento remoto nas áreas urbana, como comprovam os resultados dos estudos realizados no Brasil por Castro Filho (2006), Durand *et al* (2007a), Alves *et al* (2009b).

Para os dados orbitas de alta e altíssima resolução espacial[9] a questão cartográfica e temática, teoricamente está resolvida, já que nessa resolução, muitos objetos tendem a ser maior que um pixel da imagem. Saliento teoricamente, pois esta resolução é muito alta, quando o objetivo é o mapeamento da mancha urbana, sendo seu uso mais adequado para aplicações intraurbanas.

Como o foco do uso das imagens de altíssima resolução espacial tem se voltado para as aplicações intraurbanas, e nesta escala, vários objetos apresentam comportamento espectral semelhante, esforços para conhecer e discriminar espectralmente os elementos da cobertura intraurbana são encontrados em estudos como os de Herold, *et al* (2003, 2002) e Souza & Kux, (2005). Nessas iniciativas buscaram-se identificar as bandas espectrais mais adequadas para a discriminação dos alvos que compõem as diferentes coberturas encontradas no intraurbano. Os resultados mostram que é possível separar algumas feições em estreitas regiões do espectro visível, mas de forma geral, os alvos intraurbanos apresentam aumento da reflectância proporcional ao comprimento de onda. Esses estudos revelam a limitação espectral de algumas imagens de altíssima resolução espacial, como as obtidas pelos sensores dos satélites *Ikonos* e *QuickBird*, em discriminar os alvos intraurbanos. Outros problemas ainda podem ser encontrados na

[8] Smal analisou o comportamento espectral de 28 cidades em vários países e Fuckner *et al* analisou as metrópoles do Rio de Janeiro e São Paulo.
[9] Segundo classificação de Ehlers (2007) alta resolução espacial refere-se a 4-10m; muito alta 1 – 4m e ultra alta menor que 1m.

caracterização desses alvos, como o comportamento semelhante entre rodovias asfaltadas e alguns tipos de telhados, o desgaste dos materiais pelo envelhecimento das construções, o que contribui para que o mesmo material apresente diferentes variações na refletância, assim como o estado de conservação dos materiais presentes nas coberturas. Entretanto, os estudos de Ribeiro (2010) e Novack *et al* (2011), mostram melhoria na discriminação desses alvos quando se utiliza imagens do WorldView-2, com 8 bandas espectrais[10].

A limitação espectral das imagens de alta resolução espacial em discriminar as coberturas intraurbanas vem motivando a utilização, cada vez mais, nos procedimentos de classificação, da metodologia de análise de imagens baseada em objeto (OBIA) [11] como pode ser observado nos trabalhos desenvolvido no Brasil por Antunes, (2003), Pinho (2005), Alves (2005), Araujo (2006), Novack (2009), Ribeiro (2010), Carvalho (2011) entre outros.

3 – RESOLUÇÃO ESPACIAL[12] E ESCALA DE ANÁLISE NO AMBIENTE URBANO

Há um consenso entre autores como Donnay *et al* (2001), Mesev (2003) e Jensen (2009) que o maior obstáculo na utilização das imagens orbitais para estudos intraurbanos, até 1999 esteve relacionado a resolução espacial das imagens. Os avanços na área de sensoriamento remoto orbital trouxeram melhorias na resolução espacial das imagens[13]. Mudanças nas características dos sistemas sensores[14], com resolução espacial submétrica, permitem a geração de imagens que discriminam com maior precisão os elementos da superfície terrestre e, conseqüentemente, os elementos de cobertura do solo intraurbano. A Figura 3.1 exemplifica o aumento da resolução espacial das imagens orbitais mostrando a identificação dos elementos presentes na imagem com o aumento da resolução espacial.

---

[10] O WorldView-2 possui 8 bandas em faixas mais estreitas do espectro visível ao infravermelho próximo.

[11] Este tipo de análise baseia-se no conhecimento humano para classificar uma imagem. Parte-se da segmentação da imagem, em diferentes níveis ou escala, gerando um conjunto de objetos que representam feições do mundo real. O intérprete analisa as características e o comportamento (estatisticamente, geometricamente,relacionalmente) dos objetos individualmente e em cada nível hierárquico e cria um conjunto de regras para agrupá-los em classes temáticas. Dentre estas regras destacase a lógica *fuzzy*, que permite modelar a incerteza no processo de classificação, podendo o objeto pertencer a varias classes, com distintos graus de pertinência (DEFINIENS, 2003).

[12] A menor área observada pelo sensor é determinada pelo campo de visada instantânea do sensor (IFOV –sigla do Inglês Instantaneous Field of View). O IFOV corresponde à área que é vista pelos detectores do sistema sensor, numa certa altura num certo instante no tempo. O menor elemento na imagem (o pixel) representa a média da energia que é refletida pelas coberturas, dentro do IFOV.

[13] Essas melhorias também se estendem a resolução espectral, radiométrica e temporal

[14] Inclusive imagens da faixa do microondas do espectroeletromagnético (radar).

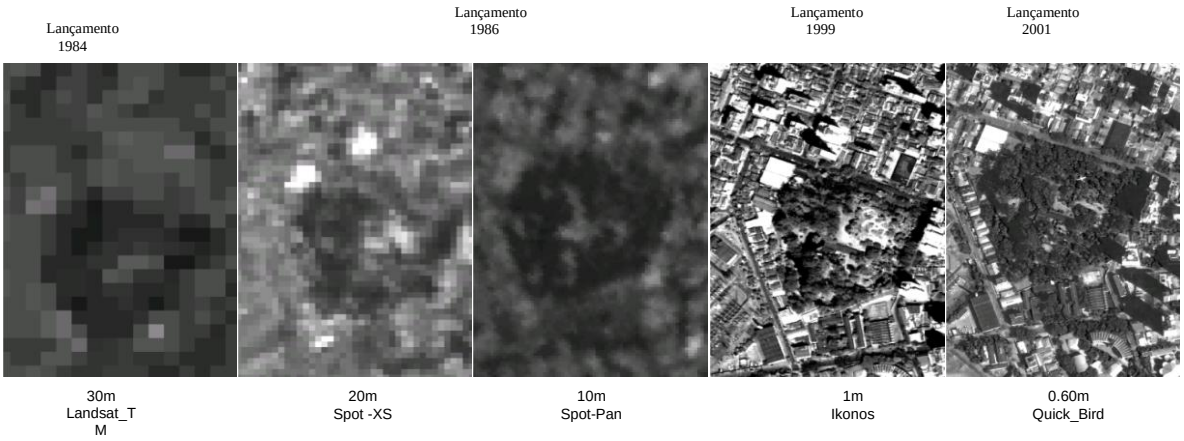


Figura 3.1 - Evolução da resolução espacial das imagens orbitais, mostrada em uma banda espectral. Local: Parque Santos Dumont em São José dos Campos-SP

Nesta figura podemos observar uma área representada na mesma escala (aproximadamente 1:3000) em imagens obtidas por sensores de diferentes resoluções espaciais. Na imagem com 30 metros podemos observar apenas objetos geométricos em diferentes tons de cinza, sendo muito difícil, com esta resolução espacial identificar algum objeto. Na imagem com 20 metros, é possível observar clusters mais claros ou mais escuros, mas ainda não se pode identificar a que se referem. A imagem com 10 metros já permite identificar algumas classes da cobertura e do uso como áreas de vegetação, quadras, parques ou praças e o traçado viário. Nas imagens com 1 e 0.60 metros é possível identificar tanto as classes de cobertura (vegetação, sombra etc) quanto do uso do solo intraurbano (parque,sistema viário, uso residencial, uso comercial etc), agregando assim, maior precisão temática às informações levantadas.

Segundo Kurkdjian (1993), as aplicações de sensoriamento remoto (orbital ou não) no urbano, basicamente, se dão em duas linhas. Uma linha é voltada ao conhecimento e à ação sobre o sistema urbano e sua relação com o meio físico que o sustenta. Nessa linha de trabalho, a utilidade do sensoriamento remoto orbital é extremamente grande e está associada a estudos de geológicos, geomorfológicos, de aptidão das terras, direção da expansão urbana, adensamento urbano, tamanho e localização do sitio urbano, densidade de biomassa, clima urbano, etc. As imagens mais apropriadas para estes levantamentos são aquelas de média resolução espacial (30-50 m), nas faixas espectrais do vermelho no visível (630 - 690nm) ao infravermelho (760 - 2350nm), constantes em

praticamente todos os programas orbitais de monitoramento terrestre[15]. Outra linha de pesquisa é aquela voltada aos estudos intraurbanos, na geração de informações para identificar o tipo de uso e sua conformidade com a Lei de zoneamento, impermeabilização do solo, localização de vazios urbanos, identificação de áreas para implantação de projetos de arborização, caracterização de áreas residenciais, mapeamento de áreas sujeitas a inundação, ilhas de calor, estágios de adensamento da ocupação do solo, sistema viário, áreas de ocupação irregular ou espontânea, estimativa populacional, regularização fundiária, áreas verdes etc. Os estudos relacionados a esta linha de pesquisa, dependem, principalmente, de dados de alta resolução espacial. Todas essas informações são importantes como subsídios para a definição de políticas publicas e ações de planejamento, pois fornecem dados sobre a organização do espaço, que podem ser obtidas, tendo como fonte primária, os dados de sensoriamento remoto.

4 - EXEMPLOS DE APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL EM ÁREAS URBANAS

Como pode ser observada na Figura 3.1, a resolução espacial determina o tamanho do menor objeto do terreno que se pode identificar na imagem e, portanto, tem uma estreita relação com a escala de análise e detalhamento das informações. Como exemplo, tomemos a resolução de 0,6m da imagem *QuicBird 2*, na qual cada pixel representa no terreno objetos de 0,36m². A Tabela 4.1 mostra a variação na resolução espacial e sua relação com a precisão cartográfica conforme definição da Associação Cartográfica Internacional (CHUVIECO, 2002). Convém destacar que essa relação entre a escala e a resolução espacial é importante do ponto de vista da cartografia, pois diz respeito a unidade mínima que pode ser cartografada dentro de uma determinada precisão planimétrica[16].

[15] Com exceção do canal termal.
[16] Ver nota de rodapé 6

Tabela 4.1- Resolução espacial e escala de trabalho

Resolução espacial	**Escala de trabalho**
0,60 m	1:2.000
3m	1:5.000
10-20 m	1:25.000
30m	1:50.000
80m	1:200.000
1000m	1:1.500.000

Fonte: Adaptado de Chuvieco (2002)

No Brasil, ate 1999[17], os dados orbitais eram pouco utilizados nas áreas urbanas[18]. As aplicações, em sua maioria eram voltadas para o mapeamento de áreas urbanas, mapeamento da expansão urbana conforme os estudos Oliveira *et al* (1984) , Kukdjian (1988) e Pereira (1988) além da identificação do adensamento intraurbano e tendências de crescimento, conforme exemplificado nas Figuras 4.1, 4.2 ,4.3 e 4.4.

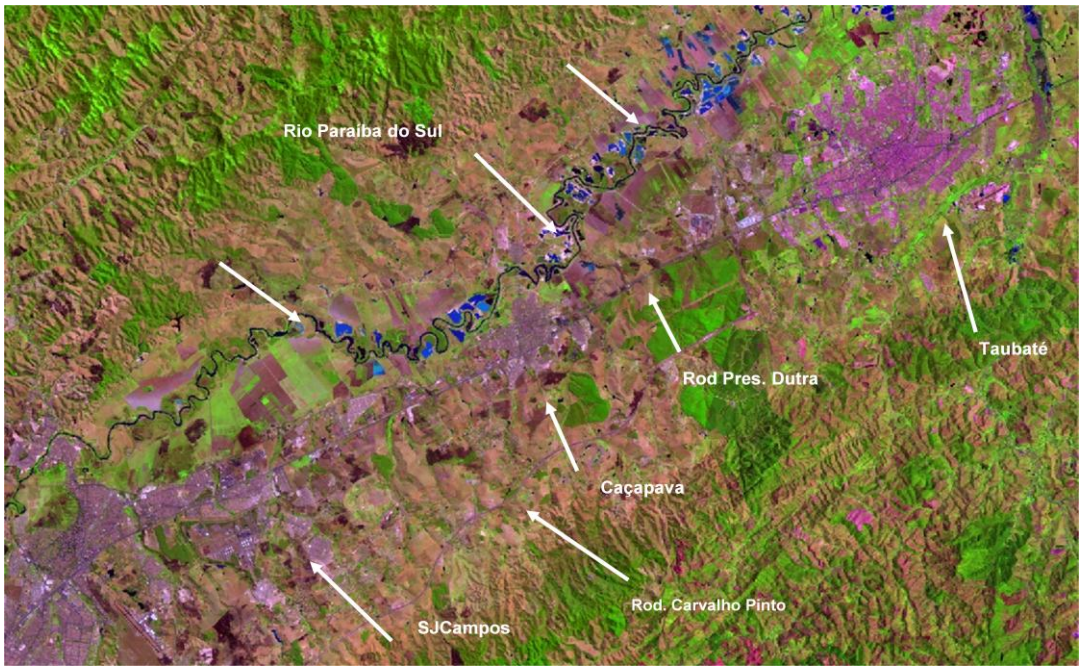


Figura 4.1 – Imagem ETM+Landsat-7 de 2000, na composição colorida 543 (RGB) das áreas urbanas de São José dos Campos, Caçapava e Taubaté no Vale do Paraíba – SP.

Fonte: NASA (2000) - Acervo INPE

[17] Segundo pesquisa realizada pela autora nos trabalhos publicados nos Anais do SBSR realizados entre 1978 até 2011, disponível em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/

[18] Até então, os dados obtidos em baixa altitude apresentavam uma melhor resolução espacial e por esta razão eram adequados em aplicações urbanas.

A Figura 4.1 mostra a imagem ETM+ do satélite Landsat-7 de um setor do Vale do Paraíba (SP) com 30 metros de resolução espacial, obtida no ano de 2000. Nesta imagem, as manchas urbanas estão representadas em magenta. Na parte inferior a esquerda está a cidade de São José dos Campos, no sentido leste, Caçapava e Taubaté. Podemos detectar, ao norte das cidades, o rio Paraíba do Sul, com sua várzea ocupada pela agricultura, as cavas de extração de areia (em azul), a rodovia Presidente Dutra cortando as cidades no sentido oeste-leste e a rodovia Carvalho Pinto fora dos limites das manchas urbanas. Ao norte, a textura rugosa representa a Serra da Mantiqueira e ao sul a Serra do Mar.

Com imagens de resolução espacial média, similar a da Figura 4.1, podemos obter, através de técnicas de classificação automática ou por técnicas de interpretação visual, informações sobre tamanho, distribuição e dinâmicas territoriais associadas ao processo de expansão urbana, como a conurbação[19] (Figura 4.2 e 4.3), assim como também, acompanhar o processo de expansão urbana (crescimento físico da cidade), e identificar quais são os usos (agricultura, áreas de proteção, pastagens) que sofrem maior pressão com essa expansão

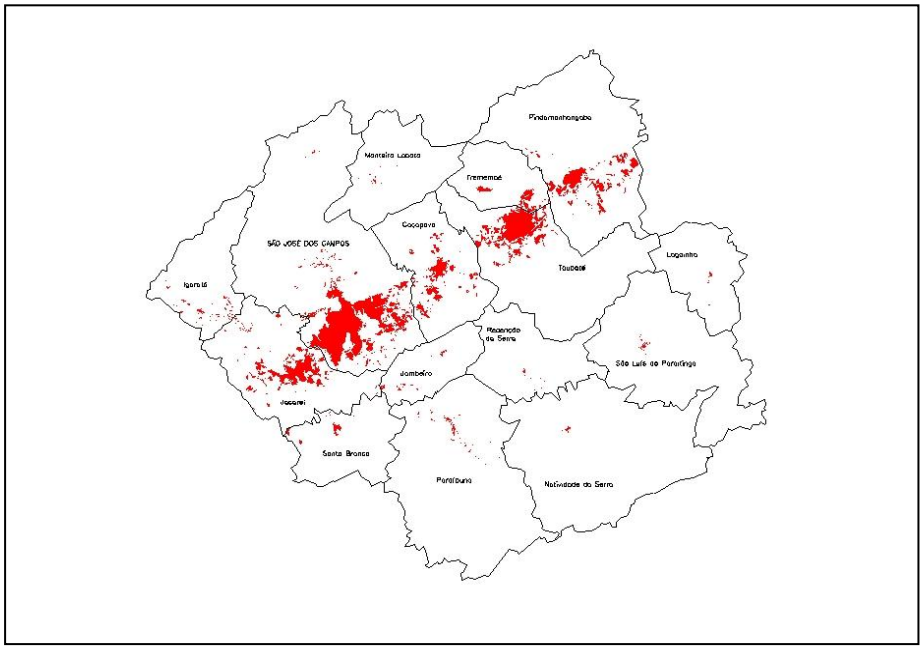


Figura 4.2 – Manchas urbanas de cidades do Vale do Paraíba mapeadas através de classificação hibrida utilizando imagens TM-Landsat-5 de 2000.
Fonte: Pereira, *et al* (2005)

[19] Processo de crescimento físico- territorial além dos limites político-administrativo da cidade, unindo uma ou mais cidades.

Observa-se, para o conjunto dessas cidades, que a maior mancha corresponde à cidade de São José dos Campos, seguida de Taubaté, Jacareí, Pindamonhangaba e Caçapava. Esses dados mostram a contigüidade espacial das manchas e ainda evidenciam o processo de dispersão urbana e o processo de conurbação entre as cidades de Taubaté e Tremembé e entre São José dos campos e Jacareí (este último, em destaque na Figura 4.3). A dispersão urbana apresenta-se como um problema para a administração publica, pois representa maior mobilidade no território, e a necessidade de ampliação da infraestrutura de serviços. As imagens permitem identificar e mapear as áreas dispersas e conseqüentemente, identificar vetores de crescimento, auxiliando o planejamento da implantação de infraestrutura. A identificação com antecedência de fenômenos de conurbação é importante para que os municípios envolvidos planejem ações conjuntas para tratar dos problemas comuns, principalmente, os de saneamento e transporte público entre outros, que advém dessas relações limítrofes entre as cidades. Um exemplo de adensamento da ocupação urbana ocorrido em Jacareí e São José dos Campos é mostrado nas imagens TM-Landsat-5, obtidas em 1990 e 2000 (Figura 4.3).

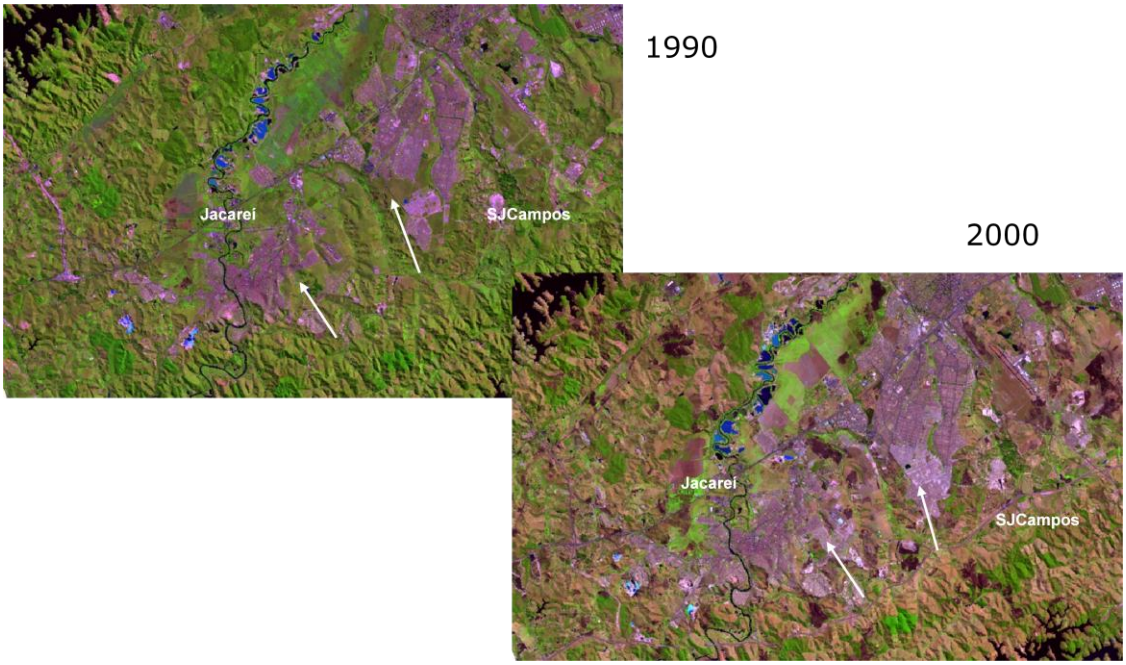


Figura 4.3 – Imagens TM-Landsat-5 das cidades de São José dos Campos e Jacareí (interior de São Paulo, no Vale do Paraíba), obtidas em 1990 e 2000. As setas brancas destacam o adensamento da ocupação urbana que ocorreu nestas cidades.

Fonte: NASA (1990: 2000) - Acervo INPE

Na análise mulitemporal (com imagens de diferentes datas) podemos obter informações semelhantes a do estudo realizado por Pereira *et al* (2005), mostradas na Figura 4.4. Esta Figura mostra a expansão da mancha urbana das cidades de São José dos Campos, Jacareí e Igaratá, ocorrida nos últimos 20 anos. Os dados da década de 80 foram obtidos a partir da interpretação das imagens do TM-Landsat-5 de 1985 e 1990, e os de 2000 das imagens satélite ETM+Landsat-7. Com esses dados foi possível calcular o tamanho da área urbanizada dos municípios, identificar vetores de crescimento e a conurbação.

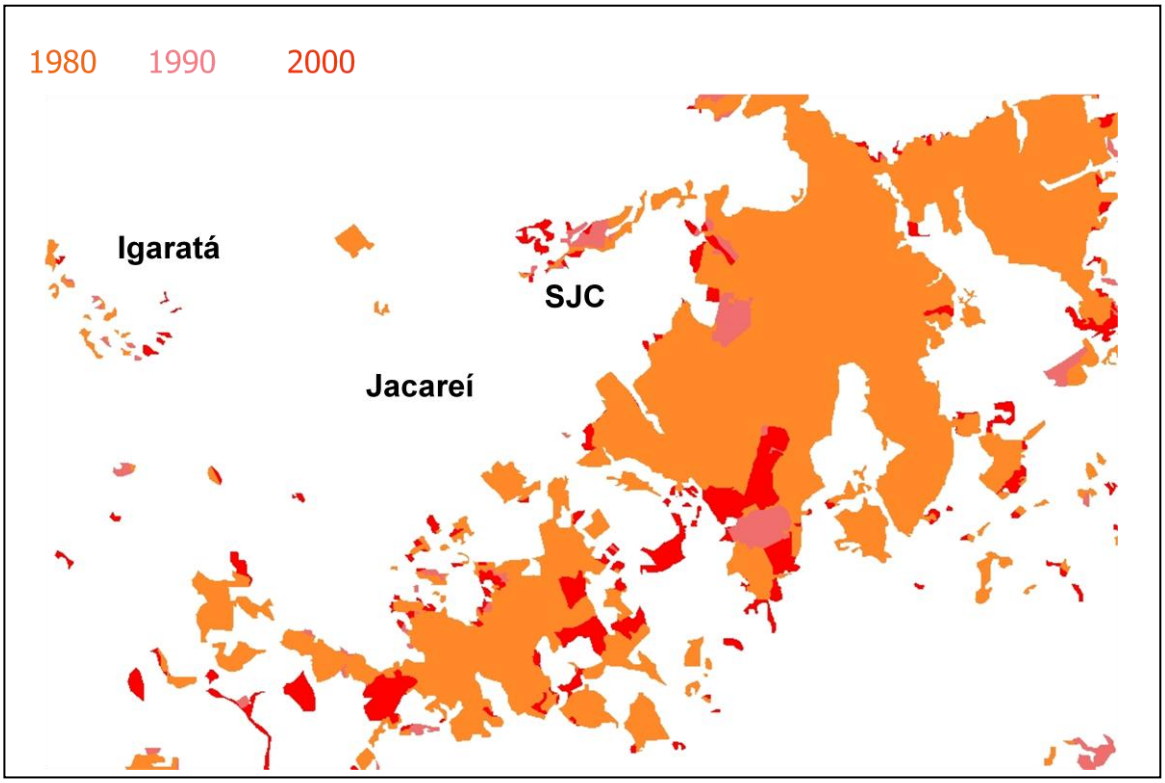


Figura 4.4 - Mapa da expansão urbana utilizando imagens do satélite Landsat em cidades do Vale do Paraíba-SP.
Fonte: Pereira *et al* (2005)

O uso das informações sobre o monitoramento da expansão urbana e da forma como se dá esse processo no espaço, depende da sua exatidão (grau de confiabilidade). Por esta razão, muitas pesquisas buscam avaliar tanto as imagens, quanto às metodologias para a extração das informações de uso e cobertura do solo. Como exemplo, podemos citar Gonçalves *et al* (2005), que utilizou dados do satélite CBERS 2- CCD, com 20 metros de resolução espacial e técnicas de classificação automática para mapear o uso do solo

intraurbano (Figura 4.5). Embora os resultados obtidos sejam interessantes do ponto de vista visual, eles apresentam baixa precisão temática quando avaliados estatisticamente.

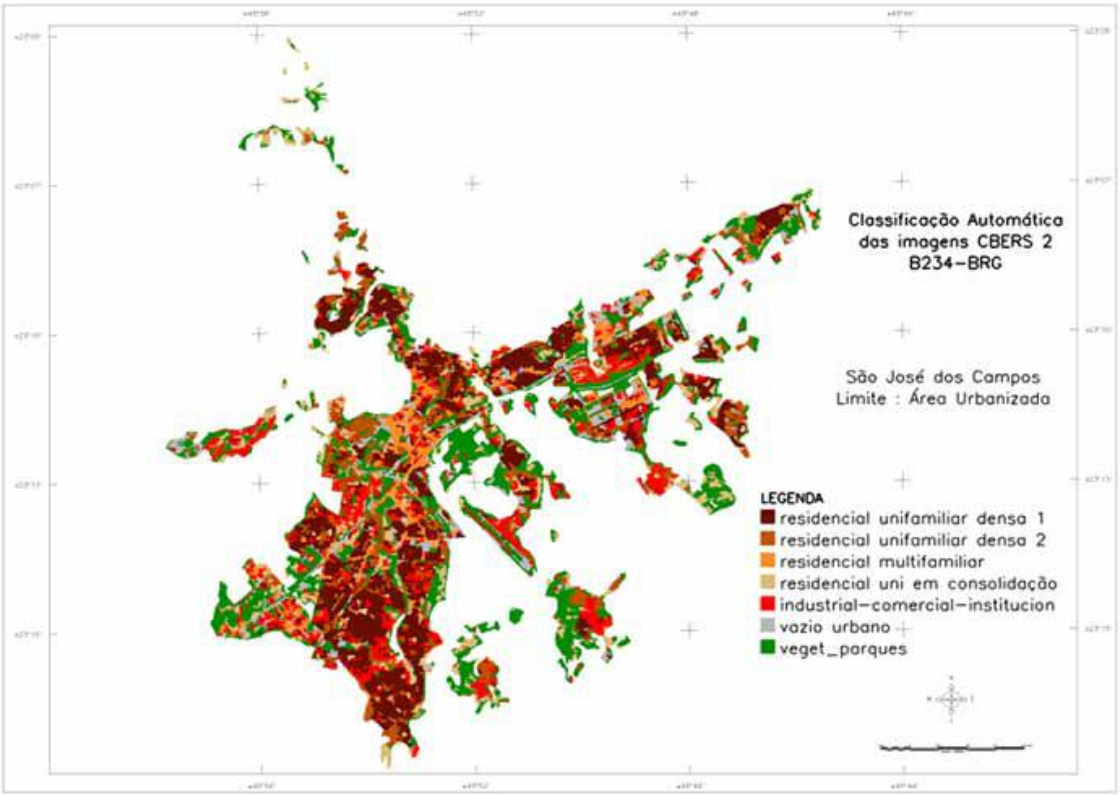


Figura – 4.5 – Mapa do uso do solo intraurbano obtido através classificação automática de imagens CBERS-2 CCD, com 20 metros de resolução espacial da cidade de São José dos Campos

Fonte: Gonçalves *et al* (2005)

Outra aplicação dos dados de média resolução espacial é a inferência populacional. De acordo com Liu e Clark (2002) existem basicamente três formas de obtenção desta informação: os levantamentos censitários, os registros em cartório (nascimento e óbito) e através dos dados de sensoriamento remoto. Segundo esses autores, dependendo da resolução espacial das imagens utilizadas, as metodologias para a inferência podem ser subdivididas em três categorias:

Métodos globais ou generalizados: usam modelos matemáticos baseados na relação entre a superfície do terreno e o tamanho da população para a inferência a partir de imagens de média a baixa resolução espacial. O maior problema deste método aplicado

entre outros por Foresti (1978), Qiu *et al* (2003) e Durand *et al* (2007) é a falta de acurácia dos resultados, principalmente pela imprecisão dos limites urbanos.

Método semidetalhado ou semiglobal: utilizam dados com resolução espacial média e se apóiam nas diferenças no interior da cidade, criando tipologias baseadas na densidade residencial, enquanto parâmetros para as observações demográficas, sendo exemplos os trabalhos de Dureau (1989), Lo (1995) e Chen (2002);

Método detalhado: parte da identificação das unidades residenciais em imagens e determina um número médio de habitante por unidade residencial (baseado em dados do censo ou levantamento de campo). Trabalhos realizados utilizando essa abordagem apresentam os melhores resultados. Entretanto, até 1999 sua aplicação só era possível através da utilização de fotografias aéreas com resolução variando entre 0,7 – 0,6 metros, que permitiam discriminar os objetos de interesse com maior precisão, conforme os estudos de Lindgreen (1971), Hsu (1971), Adeniyi (1993), Ikhuoria (1996), com destaque, no Brasil, o de Manso (1981).

Além das aplicações destacadas anteriormente, vale ressaltar os trabalhos de mapeamento da cobertura vegetal do intraurbano. Um dos aspectos importantes da presença de vegetação nas cidades é sua estreita relação com a melhoria das condições ambientais em termos de refrigeração, filtragem de poluentes, atenuação dos ruídos etc., sendo que a falta de vegetação nas ruas e em áreas publicas no interior das cidades, cria regiões microclimáticas diferenciadas. Dentre esses estudos citamos os de Foresti e Pereira (1986), Foresti *et al.* (1987), Silva e Braga (1990), Carrara *et al*.(1991), Luchiari (2001) utilizando dados de média resolução espacial e os de Domingos *et al* (2005) com imagens do satélite Ikonos e Silva *et al* (2011) com dados do Satélite GeoEye-1. Trabalhos mais específicos voltados à temática do clima urbano podem ser encontrados nos estudos desenvolvidos por Teza *et al* (2005) , Carneiro e Dutra (2009) e Fuckner *et al* (2009b) com imagens do satélite Aster-Terra, enquanto Bias *et al* (2003) e Andrade *et al* (2007) com dados do Landsat –TM5.

O sensoriamento remoto é útil também, na definição de índices de qualidade urbana, pois oferece informações básicas na elaboração destes índices. Os índices de vegetação e as superfícies impermeáveis são variáveis que afetam as condições locais de umidade,

temperatura e escoamento superficial, resultando em áreas de maior desconforto térmico que afetam negativamente as condições de vida. Dentre essas iniciativas destacamos a realizada por Ceccato (1995) utilizando dados do Spot, Paes *et al* (2003) com dados do satélite Ikonos-2, Lo e Faber (1997) e Linag e Weng (2011) com imagens dos satélites Landsat 5 e 7 e Fuckner *et al* (2007) com dados Aster-Terra.

Devido ao aumento da resolução espacial as imagens orbitais vêm possibilitando pesquisas que buscam tanto avaliar a qualidade das informações que podem ser extraídas a partir dessas imagens, quanto verificar a viabilidade de seu uso em novas aplicações. Os levantamentos cadastrais técnicos e as atualizações cartográficas são tradicionalmente realizados com fotografias aéreas e técnicas fotogramétricas, atualmente alguns estudos buscam validar o uso das imagens de alta resolução para esse fim, como é mostrado em Passos *et al* (2001) e Beppler *et al* (2009) com imagens Ikonos e QuickBird respectivamente. Segundo os autores, levando-se em conta as necessidades dos municípios e as limitações financeiras e humanas para a produção dessas informações pelos métodos tradicionais, uma alternativa é a utilização dessas imagens, já que elas apresentam padrão de exatidão cartográfica para a escala até 1:2000, como comprova estudo realizado por Celestino *et al* (2007), para imagens do QuickBird e 1:5000 para imagens do Ikonos conforme Silva e Vergara (2005). Vale ressaltar, que com as imagens de média resolução espacial, a precisão cartográfica era compatível para a escala de 1:50000 demonstrado por Vergara *et al* (2001). Vale também destacar, que o aumento da resolução espacial também trouxe melhoria nas metodologias de estimativa populacional conforme se observa em, Liu e Clark (2002), Souza (2002, 2003), Gonçalves, *et al* (2006), Almeida *et al* (2007).

Na atualidade, destacam-se basicamente, mas não exclusivamente, três eixos de pesquisas utilizando as imagens de alta resolução espacial. Um eixo voltado para o mapeamento dos elementos que compõem a cobertura do solo intraurbano (concreto, diferentes tipos de telhados, água, vegetação, etc.) e que utilizam técnicas baseadas na cognição humana, por exemplo, os trabalhos desenvolvidos por Shackelford e Davis (2003), Alves (2005), Pinho (2005), Ribeiro (2010), Kux *et al* (2011), Carvalho (2011) e Novack *et al* (2011). Outra vertente é aquela que busca a identificação dos diferentes usos do solo intraurbano (residencial, comercial, industrial, etc.) e que normalmente baseia-se em análises de contexto (conhecimento do fotointerprete da estrutura

intraurbana) e usa procedimentos: semi-automáticos - interpretação na tela do computador – como Souza, (2003) e automáticos como Barnsley *et al* (2003)[20], Xiuying *et al* (2004). Um terceiro eixo é aquele que busca caracterizar o contexto socioeconômico da população. A análise de variáveis bio-físico-territoriais obtidas da imagem e dados adicionais (levantamentos censitários, dados de campo entre outros) são utilizados para caracterizar a população e qualificar o espaço residencial com objetivos demográficos como as pesquisas de Souza (2003), Gonçalves *et al* (2006) e Tomás (2010). Outros estudos utilizam informações extraídas somente das imagens para determinar áreas de ocupação de segmentos populacionais diferenciados, dentre os quais destacamos Estevam (2006), Souza, *et al* (2007), Avelar *et al* (2009), Kux, *et al* (2009), Alves *et al* (2009a) e Souza (2010). A Figura 4.6 mostra um dos resultados obtidos por Souza (2010), utilizado uma imagem do satélite *QuickBird*, com 60 cm de resolução espacial.

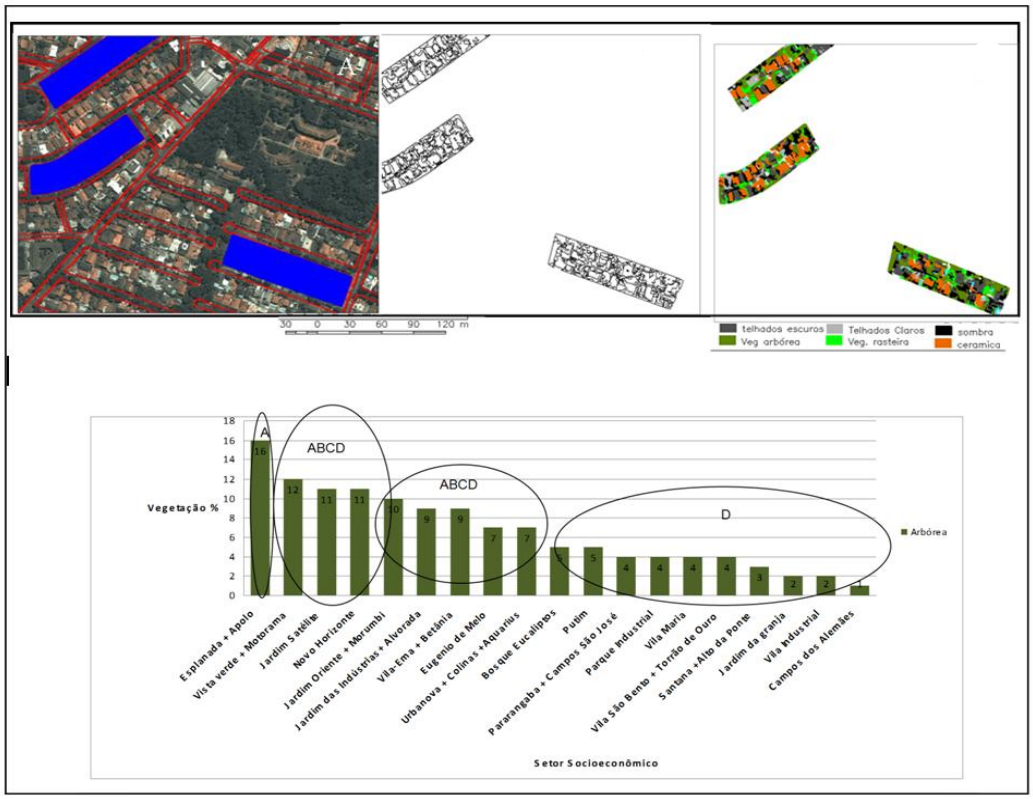


Figura 4.6 – Zoom de quadras amostrais classificadas e gráfico mostrando a distribuição da vegetação arbórea em áreas residenciais de populações com renda diferenciada.

[20] O autor utilizou também dados de sensoriamento remoto aerotransportado para modelagem de superfície obtidos por sistema LIDAR (Light Detection and ranging) .

A Figura 4.6 apresenta uma ampliação de quadras mostrais recortadas e classificadas de um setor Socioeconômico[21] da cidade de São José dos campos (SP). Os resultados obtidos para a classe de cobertura vegetal nas quadras amostrais para o conjunto dos setores residênciais da cidade permitiram identificar padrões e compará-los a renda médio mensal da população moradora dos setores socioeconômicos (alta, média, baixa e muito baixa, A,B,C,D, respectivamente). Observou-se que as quadras que apresentaram as menores porcentagens da classe vegetação foram aquelas pertencentes aos setores socioeconômico habitados por população de renda muito baixa, enquanto as maiores porcentagem se encontravam em setores habitados, predominantemente, por população de renda média à alta.

As imagens hiperespectrais e de radar também podem ser utilizadas nas análises urbanas, para o mapeamento das manchas urbanas, estimativas populacionais e análise socioeconômica, como mostram estudos realizados em outros países, por Henderson e Xia (1997). No Brasil esses dados têm sido pouco explorados para aplicações urbanas e intraurbanas[22]. Isso é devido, principalmente as vantagens de custo e manipulação dos dados ópticos em relação aos hiperespectrais e de radar[23].

Cabe ressaltar, a contribuição dos dados *Light Detection and Ranging* (LIDAR), nas análises urbanas. Este sensor gera uma nuvem de pontos tridimensionais da superfície, permitindo elaborar com precisão Modelos Digitais do Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Superfície (MDS). Esses dados utilizados em conjunto com outras imagens agregam maior precisão aos levantamentos da cobertura do solo intraurbano, pois, a inclusão da altura das feições naturais e artificiais, permite a separação entre algumas classes como a vegetação arbórea da rasteira, tipos de telhados da pavimentação asfáltica etc., que normalmente apresentam características espectrais semelhantes. Pode também ser um recurso a ser explorado na estimativa populacional como mostra Tomás (2010), bem como nos estudos de clima urbano, entre outros.

[21] Unidade de Planejamento definida pela Lei Municipal n. 6378/03 tendo como base dados de renda, escolaridade, etc.
[22]Esta afirmação é baseada na quase inexistência de referencias sobre o tema nos Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) nos últimos anos, sendo este, o maior evento da America Latina que reúne a comunidade de sensoriamento remoto a cada dois anos. Anais disponíveis em: http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/bibliotecaonline.html.
[23]Destacamos, entretanto o estudo de Andrade *et al*. (2009), utilizando dados hiperespectral de sensor aerotransportado para estudo de Ilha de calor em São José dos Campos e com radar os de Garcia *et al* (2011) e Xuad e Golts (2011).

É importante ressaltar ainda, a dependência existente entre o uso das imagens de sensoriamento remoto, as técnicas de Processamento Digital de Imagens e os SIG's. A extração de informações com base nas imagens de forma rápida, com maior precisão, menor subjetividade e eficiência só é possível devido ao tratamento da imagem enquanto entidade numérica. Essas técnicas baseiam-se em métodos matemáticos que buscam descrever as imagens quantitativamente e permitem identificar e extrair informações contidas nas imagens, assim como a extrair variáveis biofísicas como NDVI, temperatura, etc. Nos SIG's possibilitam a integração, armazenamento e análise das informações oriundas das imagens com outros dados geográficos em ambiente computacional permitindo gerar vários tipos de informações sobre o território como por exemplo, a distancia entre os núcleos urbanos dispersos em relação a mancha principal (Figura 4.7) ou estudos sobre a proliferação de doenças tendo como base a correlação entre os locais de proliferação de doenças e a cobertura do solo intraurbano.

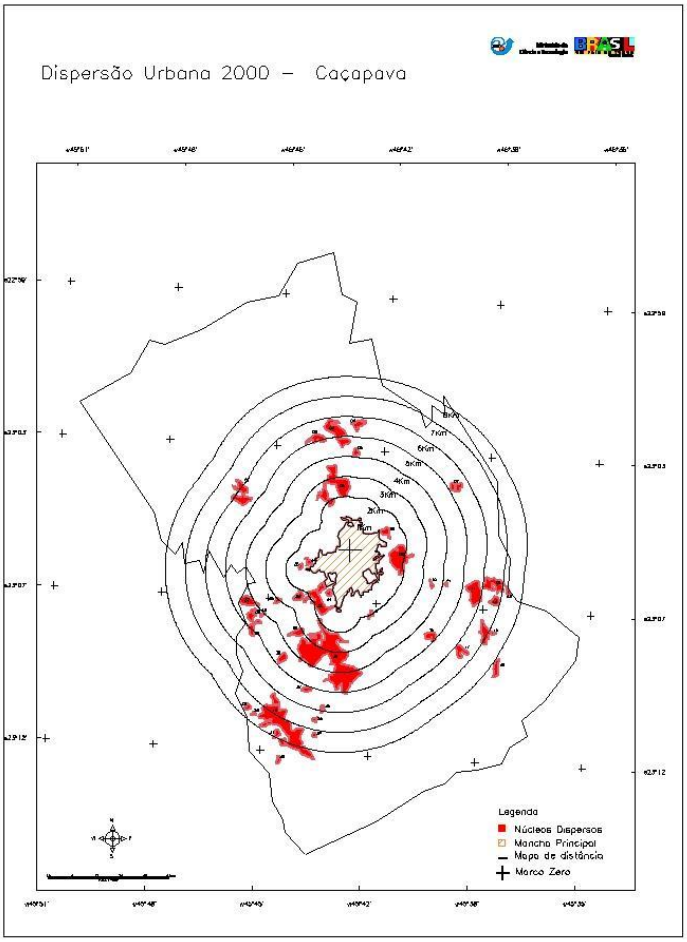


Figura 4.7 - Mapa da dispersão urbana do município de Caçapava - SP

Fonte: Pereira et al (2005).

A utilização conjunta de dados de sensoriamento remoto obtidos por diferentes sensores, com características particulares em termos de resolução espacial, espectral e radiométrica[24], também pode contribuir para as aplicações dentro do intraurbano, assim como, melhorar a precisão dos mapeamentos, como demonstram Weng (2008) e Kuck (2010) para as superfícies impermeáveis[25].

5 CONCLUSÃO

Informações sobre o território são imprescindíveis para seu planejamento e gestão, e nesse sentido, os dados de sensoriamento remoto possuem um papel importante no processo de conhecimento da organização e das transformações que ocorrem na superfície terrestre como um todo e, como se destacou neste estudo, sobre o espaço urbano e intraurbano. As análises urbanas são complexas pela multidimensionalidade de fenômenos sociais e espaciais que apresentam. Em termos espaciais, as imagens orbitais são uma ferramenta que vem sendo explorada para gerar informações atualizadas, sobre o uso e cobertura do solo e mudanças ao longo do tempo, assim como também para a obtenção de dados biofísicos, importantes para estudos sobre clima urbano e qualidade de vida, entre outros. Na atualidade, o uso de imagens de alta resolução (espacial, espectral e radiométrica) trazem novas possibilidades de analise da configuração espacial da estrutura física da cidade, necessárias para o conhecimento atualizado sobre este espaço que, segundo o censo de 2010 abriga mais de 84% da população brasileira.

[24] Possibilidade de discretização dos níveis de cinza de um pixel na imagem.
[25] O mapeamento da distribuição espacial das áreas impermeáveis é importante para estudos hidrológicos urbanos e estudos de qualidade de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENIYI, P. An aerial photographic method for estimating urban population**.** **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,** v. 49, n.4, p.545-560, Apr.1993.

ALMEIDA, C. M.; SOUZA, I. M. E.; s, C. D.; PINHO, C. M. D.; PEREIRA, M. N.; FEITOSA, R. Q.Multilevel Object-Oriented Classification of Quickbird Images for Urban Population Estimates. In: ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (ACM GIS 2007), 15., 2007, Seattle, Washington, EUA. **Proceedings …** Miami, Florida, EUA : University of Florida, 2007. CD-ROM.

ALVES, R. A. L. **Identificação de alvos urbanos em imagens Ikonos aplicando classificação orientada a segmentos** – Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de janeiro, 2005.

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; MONTEIRO, A .M. V. Caracterização intra-urbana das áreas de expansão periféricas e periurbanas da Região Metropolitana de São Paulo com o uso de imagens de alta resolução espacial visando espacializar as áreas de vulnerabilidade socioambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais..**. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 561-568. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15805-PRE/10415). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.13>. Acesso em: 23 set. 2009. (a)

ALVES, C. D.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G.; SOUZA, I. M. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 1, p. 120-141, jan.-mar. 2009. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/bcg/article/view/13904/9359>. (b)

ANDRADE, L.L.; SOUZA, L.H.; CASTRO, R.M. Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravernelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais..**. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 473-480. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16380-PRE/10958). Disponível em:
< http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.18.10/doc/473-480.pdf>
Acesso em: 14 jun. 2011.

ANDRADE, L.L.;COSTA, S.M.F.;CASTRO, R.M.;MOREIRA, R.C. Ilha de calor e Segregação Espacial: estudo de caso – sítios da Macrozona Sul do município de São José dos campos/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1063-1070. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em:
http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.21/doc/1063-1070.pdf
Acesso em 14mar. 20111

ANTUNES, A. F. B**. Classificação de ambiente ciliar baseada em orientação a objeto em imagens de alta resolução espacial**. Curitiba. 146p. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, 2003

ARAÚJO, E. H. G. **Análise multi-temporal de cenas do satélite quickbird usando um novo paradigma de classificação de imagens e inferências espaciais. Estudo de caso: Belo Horizonte, MG**. 2006. 175 p. (INPE-13956-TDI/1062). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/MTCm13@80/2006/07.24.19.43>. Acesso em: março. 2010.

AVELAR, S.; ZAH, R.; CORRÊA, C.T. Linking socioeconomic classes and land cover data in Lima, Peru:Assessment through the application of remote sensing and GIS. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,** v.11, n. 1, p. 27-37, 2009.

BARNSLEY. M.J.; STEEL, A.M. ; BARR, S.L. Determining urban land use through an Analysis of the Spatial Cpmposition of Buiding identified in LiDAR and Multiespectrl Image data. In: MESEV, V. (ed**.). Remotely sensed cities**. London: Taylor and Francis, 2003, p. 83-108.

BLASCHKE, T.; KUX, H.J.F**. Sensoriamento remoto e SIG avançados**: novos sistemas e sensores inovadores. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 286p.

BEPPLER, M.; ANTUNES, A.F.B. Estudo da pontencialiade do uso de imagem QuickBird para atualização do cadastro urbano In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 593-599. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.30/doc/593-599.pdf Acesso em: 21 mai 2011

BIAS, E.S.; BAPTISTA, G. M.M.; LOMBARDO, M. A. Análise do Fenomeno de Ilhas de Calor Urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 93-100. CD-ROM. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16118-PRE/10721). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.12.18.52/doc/14_005.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2011.

CARRARA, A. L. R.; FORESTI, C.; SANTOS, J. R. A Distribuição dos Espaços Verdes em Áreas urbanas: Cartografia e Analise Comparativa entre dados TM/Landsat e HRV/SPOT. In: ENCONTRO NACIONAL DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO PLANEJAMENTO MUNICIPAL, 2., 1991, Serra Negra, BR. **Anais**... 1991. p. 11-22. (INPE-5262-PRE/1686).

CARNEIRO, A.M.C.; DUTRA, L.V. Construção de um mapa de conforto urbano de Belo Horizonte com uso de imagens ASTER e modelo múltiplo de mistura. . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009,

Natal. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2009.p. 631-638. DVD on-line. . ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em:<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.03.14.57/doc/631-638.pdf>
Acesso em 20 maio 2011

CARVALHO, M. V. A. **Classificação da cobertura e uso do solo com imagens Worldview-2 utilizando mineração de dados e análise baseada em objetos**. 2011. 201 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/09.05.20.27-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3ACT3BL>. Acesso em: 19 jan. 2012.

CASTRO FILHO, C.A P. **Metodologia de classificação orientada a segmentos para apoio ao cadastro urbano.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia– Rio de Janeiro, 2006 212p

CECCATO, V. A. **Proposta metodologica para avaliacao da qualidade de vida urbana a partir de dados convencionais e de sensoriamento remoto, sistema de informacoes geograficas e banco de dados georrelacional**. 1994. 150 p. (INPE-5552-TDI/536). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos, 1994.

CELESTINO, S.C.; SALDANHA, D.J.;ROCHA, R.S. Avaliação da qualidade de produtos gerados a aprtir de imagem Quickbird através do PEC - Brasileirol. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 507-514. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15962-PRE/10571). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.00.00>. Acesso em: 20 dez. 2011.

CHEN, K. An approach to linking remotely sensed data and areal census data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n.1, p. 37-48, Jan. 2002.

CHUVIECO, E.S**. Teledectión ambiental -** la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona: Ariel, 2002.

COSTA, S.M.F. **Avaliação de técnicas de processamento digital de imagens TMLandsat aplicadas à delimitação de áreas urbanas.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos campos, 1989, 110p. Disponível em:
http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.01.29.53/doc/publicacao.pdf
Acesso em: jan. 2010.

DEFINIENS IMAGING. **eCognition**: user guide 3. München, Germany, 2003, 480 p.

DOMINGOS, P. L. H**. Aplicação de dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução à análise da cobertura vegetal intra-urbana e de seu estado de conservação**. 2009. 127 p. (INPE-14210-TDI/1111). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos

Campos, 2005. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/12.12.16.49>. Acesso em: 18 jun. 2011.

DONNAY, J.P.; BARNSLEY, M.J.; LONGLEY, P.A. **Remote sensing and urban analysis** London, England: Taylor & Francis, 2001 268 (GISDATA 9) ISBN 0-7484-0860-6

DURAND, C.; SOUZA, Í. M.; PEREIRA, M. N. Análise orientada a objeto para aextração automática de áreas urbanizadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DESENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, FLORIANÓPOLIS. **Anais.**.. São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5187-5189. CD-ROM; On-line.ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em:<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.12.36>. Acesso em: 12 fev. 2009. (a)

DURAND, C.; PEREIRA, M. N.; MOREIRA, J. C.; FREITAS, C. C. Análise da correlação entre população e área (km²) visando à inferência populacional por meio do uso de imagens orbitais. **Geografia**, v. 16, p. 113-142, 2007.(b)

DUREAU, F. **El metodo de muestreo de areas com base en imagenes de satelite**: una solución para la observación de las poblaciones urbanas. Bogotá: CEDE –ORSTOM, Dec. 1989 (CEDE/086).

EHLERS, M. Sensoriamento Remoto para usuários de SIG – Sistemas sensores e métodos: entre as exigências do usuário e a realidade, pp. 19-38, in BLASCHKE, T.; KUX, H. (editores) **Sensoriamento remoto e SIG avançados:** novos sistemas e sensores inovadores. 2.ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

ESTEVAM, E. A**. Classificação de áreas de favelas a partir de imagens Ikonos :** viabilidade de uso de uma abordagem orientada a objetos . Dissertação (Mestrado em Ciências cartográficas) -Universidade Estadual paulista (UNESP) , Presidente Prudente, SP. 2006.

FORESTI, C. **Estimativas populacionais e de crescimento de areas urbanas no Estado de Sao Paulo, com utilizacao de imagens Landsat.** 1978. 115 p. (INPE-1298-TPT/095). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Sao Jose dos Campos, 1978. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.15.23.18>. Acesso em: 14 set. 2010.

FORESTI, C.; PEREIRA, M. D. B. Utilização de índices vegetativos obtidos com dados do sistema TM-Landsat no estudo da qualidade ambiental urbana: cidade de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 4. (SBSR), 1986, Gramado. **Resumos**... São José dos Campos: INPE, 1986. v. 1, p. 103. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00048-5. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/marte@80/2009/02.16.18.56>. Acesso em: 14 nov. 2010.

FORESTI, C.; PEREIRA, M. N.; FLORENZANO, T. G. Aplicacao de indices vegetativos no estudo do ambiente urbano de Sao Jose dos Campos - SP, com utilizacao de dados TM-Landsat. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 2., 1987, Rio de Janeiro, BR. **Anais.**.. 1987. p. 293-306. (INPE-7550-PRE/1381).

FOSTER, B. Some urban measurements from Landsat data **. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,** v.49, n. 10, p. 1693 -1707, 1983.

FUCKNER, M. A.; FLORENZANO, T. G.; MORAES, E. C. Análise integrada de dados de sensoriamento remoto para estudos de qualidade ambiental em áreas urbanas do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 5265-5267. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16373-PRE/10951). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.17.29>. Acesso em: 19 jan. 2012.

FUCKNER, M.A.; FLORENZANO, T.G.; MORAES, E.C. Construção de bibliotecas espectrais urbanas a partir de dados ASTER para a aplicação de modelos de mistura de múltiplos componentes em São Paulo (SP) e Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal, Brasil: INPE, 2009. p. 1087-1094. Disponível em:http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.08/doc/1087-1094.pdf (a)

FUCKNER, M. A.; MORAES, E. C.; FLORENZANO, T. G. Processamento de dados multiespectrais termais aplicado à análise espaço-temporal dos padrões de temperatura da superfície nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1369-1376. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15881-PRE/10491). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.55>. Acesso em: 19 jan. 2012. (b)

GONÇALVES, C. D. A. B.; PEREIRA, M. N.; SOUZA, Í. M. Uso de imagens CBERS para mapeamento de uso do solo urbano como subsídio ao planejamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005,Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 969-978. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12619-PRE/7912). Disponível em: <http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.10.30>. Acesso em: 12 fev. 2009.

GONÇALVES, C. D. A. B.; SOUZA, I. M.; PEREIRA, M. N.; FREITAS, C. C. Análise do ambiente residencial urbano visando a inferência de população utilizando dados de sensoriamento remoto orbital de alta resolução. Urban environment analysis for population estimation using high resolution satellite images). **Geografia - Associação de Geografia Teorética**, v. 31, n. 2, p. 371 - 402, mai/ago 2006. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m12@80/2006/12.07.19.02

Gong, P.; Howarth P.J. Frequency – Based Contextual Classification and Grey – Level Vector Reduction for Land – Use Identification**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.43, n. 4, p. 423-437, Apr., 1992 (Volume LVIII number 4 april 1992, pag. 423 - 437).

Henderson, F.M.; Xia, Z. Radar Applications in Urban Analysis, Settlement Detection and Population Estimation: A Status report**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 1, Jan., 1997.

HEROLD, M.; GARDNER, M., HADLEY, B. AND ROBERTS, D. The spectral dimension in urban land cover mapping from high-resolution optical remote sensing data. In: SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF URBAN AREAS, 3.,Istambul**.** **Proceedings**… Istanbul, Turkey, 2002.

HEROLD, M., GARDNER, M. & ROBERTS, D. A. Spectral Resolution Requirements for Mapping Urban Areas, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 41, 9, p. 1907-1919. 2003.

HSU, S. Y. Population estimation. **Photogrammetric Engineering** , v.37, n.5, p. 449-454, May, 1971.

IKHUORIA, I. A. An aerial frame technique for population estimation: problems, accuracy and potentials **Geografia** , v.21 n.1, p. 131-152 , abr. 1996.

NASA. **Imagem do Satélite Tm-Landsat-5, na composição colorida (RGB-543)**. 1995. 1 imagem de satélite adquirida pelo INPE em 20/09/1995.

_____. **Imagens TM-Landsat-5 das cidades de São José dos Campos e Jacareí** (interior de São Paulo, no Vale do Paraíba). 1990 e 2000. 2 imagens de satélites adquiridas pelo INPE em 1990 e 2000.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução de José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos, SP. Parêntese, 2009.

KURKDJIAN, M. L. N. O. **Sensoriamento remoto orbital**: um instrumento para monitorar o crescimento urbano. São José dos Campos: Instituto nacional de Pesquisas Espaciais, 1988. p. 6. (INPE-4456-PRE/1287).

KUCK, T. N. **Análise da impermeabilização da área urbana de Manaus (1987-2006) com o uso do modelo de mistura espectral MESMA**. 2010. 96 p. (sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.03.13.16-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3826LFS>. Acesso em: dez 2011

KURKDJIAN, M. L. N.O. Aplicações de sensoriamento remoto ao planejamento urbano. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1993, Cartagena, 03-08 outubro 1993. **Anais...** Cartagena: SELPER, 1993.

KURKDJIAN, M. L. N.O **Sensoriamento remoto orbital:** um instrumento para monitorar o crescimento urbano. São José dos Campos: INPE, 1988. p.1-3. (INPE-4456-PRE/1287).

KUX, H. J. H.; NOVACK, T.; FONSECA, L. M. G. Mapeamento de favelas usando classificação orientada a objeto – estudo de caso em Paraisópolis, São Paulo (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009,

Natal**. Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 715-721. DVD, On-line. ISBN 978-85- 17-00044-7. (INPE-15910-PRE/10520). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.12.17.27>. Acesso em: 23 set. 2009.

KUX, H.J.F.; NOVACK, T.;FERREIRA, R.;OLIVEIRA, D.A.; RIBEIRO, B.M. Classificação da cobertura do solo urbano usando imagens ópticas de altíssima resolução e o sistema InterIMAGE baseado em conhecimento In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba**. Anais**... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 0822-0829. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: < http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1713.pdf >. Acesso em: 18 jun. 2011.

LIANG B.; WENG, Q. Assessing urban environmental quality change of Indianopolis, United States, by the remote sensing and GIS integration**. IEE Journal of Selected Topics in Earth Observation and remote Sensing,** v. 4, n. 1, Mar., 2011.

LINDGREN, D.T. Dwelling estimation with color-IR photos. **Photogrammetric Engineering**. v.37, n.4, p. 373-373, Apr.1971.

LIU, X.H.; CLARK, K. Estimation of residential population using high-resolution satellite imagery. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF URBAN AREAS, 3., 2002, Istanbul, Turkey. **Proceedings**… Istanbul, Turkey, 2002. p. 153-160.

LO, C. P. Automated population and dwelling unit estimation from high-resolution satellite images: a GIS approach **International Journal of Remote Sensing**, v.16, n.1, p. 17-34, Jan. 1995.

LO, C.P.; FABER, B.J. Integration of Landsat Thematic Mapper and census data for quality of life assessment. **Remote Sensing of the Environment**, v.62, p.143-157, 1997.

LU, D.; WENG, Q. Urban classification using full spectral information of Landsat ETM_ imagery in Marion County, Indiana. **Photogrammetric Engineering &Remote Sensing**, v. 71, n. 11, Nov., p. 1275–1284, 2005.

LUCHIARI, A.. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. . **Revista do Departamento de Geografia (**USP), São Paulo, n. 14, p. 47-58, 2001 Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_14/RDG14_Ailton.pdf

MANSO, A. P.; BARROS, M. S.S.; OLIVEIRA, M. L. N. Determinação da populaçãourbana através de Sensoriamento Remoto In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,1., 1981, São José dos Campos. **Anais...** São José dosCampos: INPE, 1981. v.1, p.339-409.

MESEV, V. **Remotely sensed cities**. London, Uk: Taylor & Francis, 2003.

NIERO, M**. Utilização de dados orbitais do Landsat na classificação de uso do solo urbano de São José dos Campos.** São José dos Campos: INPE, julho de 1978. (INPE-1295-TPT/093).

NIERO, M. **Utilização de dados orbitais do Landsat na classificação de uso do solo urbano de São José dosCampos**. São José dos Campos: INPE, julho de 1978. (INPE-1295-TPT/093).

NIERO, M.; FORESTI, C.; LOMBARDO, M. A. Utilização de dados Landsat no monitoramento da expansão urbana da Grande São Paulo, em áreas de proteção aos mananciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2. (SBSR), 1982, Brasília. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982. p. 879-896. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00046-1. (INPE-7782-PRE/3622). Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/marte@80/2008/10.01.14.02>. Acesso em: 15 set. 2010.

NOVACK, T**. Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor QuickBird**. 2009. 214 p.(INPE-16594-TDI/1580). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009. Disponível em:<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-18@80/2009/08.31.21.23>.
Acesso em: março 2010.

NOVACK, T.; Esch, T.; Kux, H.; STILLA, W. Machine learning comparison between WorldView-2 and QuickBird-2-simulated imagery regarding object-based urban land cover classification **Remote Sensing**. **2011**, *3*, 2263-2282; doi:10.3390/rs3102263 Disponível em: http://www.mdpi.com/journal/remotesensing. Acesso em: jan. 2012

OLIVEIRA, M. L. N.; FORESTI, C.; NIERO, M.; PARREIRA, E. M. M. F. Aplicações de dados dos satelites Landsat no estudo da evolução urbana de Brasilia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 1., 1984, Rio de Janeiro, BR: Clube de Engenharia, 1984. p. 15. (INPE-3063-PRE/480).

PAES, F.C.; PINTO, S.A.F. DUTRA, L.V. Um estudo exploratório para obtenção de Índices de Qualidade de Vida urbana (iqv) utilizando imagens de alta resolução do satélite ikonos ii.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1907-1914. CD-ROM. ISBN 85-17-00017-X. (INPE-16118-PRE/10721). Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.19.15.38/doc/14_259.pdf> Acesso em: 14 set. 2011.

PASSOS, A.C.P.; MARKUS, F.F.; ANTUNES, A.F.B.;ARAKI, H. Avaliação da aplicabilidade de imagem de alta resolução para o cadastro técnico municipal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1139-1145. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. (INPE-8312-PRE/4096). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.21/doc/1139.1145.041.pdf> Acesso em: 20 maio. 2011.

PEREIRA, M. N. Avaliacao da expansao urbana de São José dos Campos através de dados orbitais. **Geografia**, v. 12, n. 26, p. 156-160, out. 1988. (INPE-5131-PRE/1619).

PEREIRA, M. N.; KURKDJIAN, M. L.N. O.; FORESTI, C. **Cobertura e uso da terra através de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1989. (INPE-5032-MD/042).

PEREIRA, M.N.; GONÇALVES, C.D.A.B.; SOUZA, I.M.; GARCIA, S.; PORTELA, A.G.; ALMEIDA, C.M**. Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo processo de urbanização.** São José dos Campos: INPE, jun. 2005. (INPE-12912-RPI/251), São José dos Campos, Disponível em:http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.29.12.22
Acesso em: 18 ago. 2009.

PINHO, C. M. D. **Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra urbano: o caso de São José dos Campos.** 2005. 180 p. (INPE-14183-TDI/1095).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/11.23.13.40>.
Acesso em: 14 ago. 2009.

QIU, F., Woller, K.L., Briggs, R.. Modeling Urban Population Growth from Remotely Sensed Imagery and TIGER GIS Road Data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v.69, n.9, September, 2003, pp. 1031-1042.

RIBEIRO, B. M. G. **Avaliação das imagens WorldView-II para o mapeamento da cobertura do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE**. 2010. 177 p. (sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/08.03.12.52.20-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3826JHA>. Acesso em: 19 jan. 2012.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M.L. **O Brasil** – território e sociedade no início do século XXI. Rio de janeiro: Record, 2001.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. 2.reimpr. São Paulo: EDUSP, 2006.

SMALL, C. Multiresoluton Analysis of urban reflectance. In**:** IEEE/ISPRS JOINTWORKSHOP ON REMOTE SENSING. 8-9 Nov., 2001 – Rome, Italy: IEEE, Disponível em: http://www.ldeo.columbia.edu/~small/Urban/IEEE_Small2001.pdf
Acesso em: fev. 2010.

SMALL, C. A global analysis of urban reflectance. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 4, 20 Febr., p. 661–681, 2005.

SHACKELFORD, A.K.; DAVIS, C.H. A hierarchical fuzzy classification approach for high-resolution multispectral data over urban areas. **IEEE Transactions on Geoscience**

and Remote Sensing, v. 41, n. 9, p. 1920-1932, Sept. 2003. Object Identifier 10.1109/TGRS.2003.814627.

SILVA, M. R. L. F.; BRAGA, R. E. G. Determinação de áreas verdes usando "Tasseled Cap" - uma aplicação na área de Tucuruí. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 6.,1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1990. p. 110-116. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00051-5. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/marte@80/2008/08.14.19.56>. Acesso em: 14 nov. 2010.

SILVA, W. B. ;VERGARA, O.R.Avaliação da qualidade geométrica de imagens IKONOS ortorretificadas utilizando-se a transformação polinomial racional In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2581- 2588. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12615-PRE/7908). Disponível em: <http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.12.39>. Acesso em: 20 set. 2011.

SILVA, A. R.; TOMASIELLO, D. B.; PRADO, B. R.; VIEIRA, M. A.; BARBARISI, B. F.; ORTIZ, M. J. Extração da cobertura vegetal de áreas urbanas utilizando imagens do satélite GeoEye-1. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba**. Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1576-1583. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A2L2NP>. Acesso em: 18 jun. 2011.

SOUZA, **Avaliação de dados de sensoriamento remoto de alta resolução espacial para estimativa populacional urbana**. São José dos Campos SP: INPE, 2002. (INPE-8985-PRE/4663/B).

SOUZA, I. M. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial**. 2003. 104 p. (INPE-11607-TAE/59). Dissertação de Mestrado - Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/12.24.09.50> . Acesso em: 07 out. 2010.

SOUSA, R. C. A.; KUX, H. J. H. Comportamento espectral de alvos urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1099-1106. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12628-PRE/7921). Disponível em: http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.21.20 . Acesso em: 07 out. 2010

SOUZA, I.M., ALVES, C.D., ALMEIDA, C.M., PINHO, C.M.D. Caracterização socioeconômica do espaço residencial construído utilizando imagens de alta resolução espacial utilizando análise orientada a objeto. **Geografia** - v. 16, n.1, 119-142, jan./jul. 2007. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

SOUZA, I. M. **Metodologia de análise da diferenciação socioespacial com uso de imagens orbitais de alta resolução espacial em São José dos Campos** - SP. 2010. 282 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2010/11.24.17.19-TAE). Tese de Doutorado - Universidade

Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas - SP, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38LHE4S>. Acesso em: 14 jun. 2010.

TEZA, C.T.V.; Baptista, G.M.M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3911-3918. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. (INPE-12615-PRE/7908). Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.01.17.52/doc/3911.pdf> Acesso em 14 mar. 2011

TOMÁS, L. R**. Inferência populacional urbana baseada no volume de edificações residenciais usando imagens IKONOS-II e dados LiDAR**. 2010. 128 p. (sid.inpe.br/mtc-19@80/2010/03.18.18.21-TDI). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/376NR3L>. Acesso em: 08 ago. 2011.

Treitz, P.M.; Howarth, P.J.: Gong, P. Application of Satellite and GIS Tecnoloogy for Land – Cover and Land – Use Mapping at the Rural – Urban Fringe: A Case Study. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,** v.58, n. 4, p. 439 – 448, Apr., 1992.

VERGARA, O. R.; CINTRA, J. P. ; ALGE, J. C. L. D. Avaliação da exatidão cartográfica de documentos atualizados com imagens orbitais e Sistemas de Informação Geográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 20., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: IBGE, 2001.Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/Cbc01.pdf. Acesso em: jan.2012.

XIUYING Z.; XUEZHI, F.; SATYANARAYANA, B.; YOUSHUI Z. Inferring urban land use from IKONOS image. In: GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS '04), 2004, Alaska, USA. **Proceedings...** Anchorage: IEEE International, 2004. Digital Object Identifier: 10.1109/IGARSS.2004.1369856.

WENG, Qihao (Ed.) **Remote sensing of impervious surfaces** Boca Raton, FL: CRC, 2008 (Taylor & Francis Series in Remote Sensing Applications) ISBN 978-1-4200-4374-7.

SITES RECOMENDADOS

http://www.dsr.inpe.br/geu.htm
(Site do grupo de pesquisa em áreas urbanas da Divisão de Sensoriamento remoto do INPE)

http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/bibliotecaonline.html
(Disponibiliza todos os trabalhos apresentados nos SBSR desde 1978)

http://www.sat.cnpm.embrapa.br/
(apresenta os principais sistemas orbitais de observação da terra e suas especificações técnicas)