

Aplicação de imagens orbitais de média resolução espacial para o monitoramento da expansão urbana. Município de Ubatuba-SP

Pedro Paulo Cadena Giberti ¹
Pedro Paulo Gonçalves Barbieri ²

^{1,2} Universidade de São Paulo – USP/FFLCH – DG
São Paulo - SP, Brasil
pedrogiberti@hotmail.com
pedrobarbieri@yahoo.com.br

Abstract: This paper proposes a methodology to monitor the spread of the edified consolidated urban area on Ubatuba's city using accessible images from LANDSAT-5 and CBERS-2 with medium spatial resolution through automatic classification and post visual interpretation. The results demonstrated that it is possible to monitor the urbanization expansion in regional scale with low cost.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, urban expansion, medium resolution, sensoriamento remoto, processamento de imagens, expansão urbana, média resolução.

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo central a construção de uma proposta metodológica de monitoramento da mancha urbana contínua em fase de ocupação consolidada. Considera-se fase de ocupação consolidada, quando os lotes estão ocupados e edificados. O trabalho utilizou imagens orbitais de média resolução espacial, aplicando técnicas de processamento digital de imagens, de modo automatizado, seguida de interpretação visual, obtendo as manchas urbanas nos anos 1986 e 2006. As áreas urbanizadas disponíveis nas cartas do IBGE de 1974 também foram digitalizadas, permitindo uma análise da evolução urbana no município de Ubatuba – S.P.

Focados na divulgação e democratização da informação geográfica, desenvolvemos uma metodologia de baixo custo, priorizando fontes de dados diversas e gratuitas, em uma plataforma de trabalho livre (SPRING¹) oferecida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), possibilitando a disseminação do uso de produtos e técnicas oriundas do sensoriamento remoto para as instituições mais diversas que careçam de dados sobre a expansão urbana.

O monitoramento da expansão urbana é informação básica para o desenvolvimento de vários trabalhos, entre eles, o planejamento territorial, ambiental e trabalhos de caráter regional.

2. Área de Estudo

No litoral norte do Estado de São Paulo historicamente com o declínio da função portuária e a incipiente ligação física com outras regiões, propiciou um rigoroso isolamento até o século XIX. A partir do Século XX, o desenvolvimento dos eixos de circulação fez com que este isolamento fosse rompido, ligando as cidades litorâneas com as localizadas no planalto.

¹ Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas



Figura 1: Localização da área de estudo.

O trabalho de Panizza (2004) revela que o fluxo turístico começa a transformar a paisagem em um recurso eminentemente turístico. Entre as décadas de 50 e 80, os eixos rodoviários se consolidam, assim como, as vias de circulação interna das cidades, onde se desenvolvem grandes contingentes de moradias atendendo exclusivamente à atividade turística (fenômeno da segunda residência), ocasionando um ritmo bastante acelerado de urbanização. Este fenômeno atinge ferozmente a população local residente, sendo esta obrigada procurar áreas menos valorizadas pela especulação imobiliária, normalmente em condições precárias.

Decorrente principalmente do fenômeno da segunda residência e, conseqüentemente da indústria da construção civil, já na década de 60, percebe – se um grande acréscimo no contingente populacional ocasionado por fluxos migratórios com destino as cidades do litoral norte do Estado de São Paulo, que, de modo geral não é absorvida pelo mercado de trabalho.

A paisagem entre as décadas de 80 e 2000 assume também função de recurso natural, onde as suas funções ecológicas são destacadas. A criação de Unidades de Conservação e de espaços protegidos pela legislação ambiental vigente acentua situações de conflitos fundiários e de proteção aos recursos naturais.

Encontramos, portanto, uma situação complexa onde os moradores locais e os migrantes não absorvido pelo mercado de trabalho, são obrigados a se alojarem precariamente nas periferias, ocupando locais não adequados à moradia e a conservação dos recursos naturais, formando um cenário de eminente exclusão sócio espacial e degradação ambiental, refletindo de maneira desastrosa no cotidiano das populações atingidas.

3. Materiais

- **Base Cartográfica:** O limite municipal foi adquirido no IBGE em formato digital DXF em coordenadas planas, Datum SAD-69, compatível com a escala 1: 50.000. Também foram utilizadas as cartas topográficas do IBGE de Ubatuba, Picinguaba e Ilha Anchieta, na escala 1: 50.000 de 1974.

-Sensores Utilizados:

	LANDSAT-5/TM	CBERS-2/CCD
Resolução Espacial	30 Metros	20 Metros
Banda 3	630-690 nm*	630-690 nm
Banda 4	760-900 nm	770-890 nm

*nm: Nanômetro

Quadro 1: Sensores utilizados e suas respectivas principais características.

-Imagens Utilizadas:

Data	Cena	Sensor
1986	218/76	LANDSAT-5/TM
2006	152/126	CBERS-2/CCD

Quadro2: Relação das imagens trabalhadas

- **Software SPRING 4.2:** O download foi realizado no site <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>.

4. Metodologia

Foram consultadas bibliografias referentes às rotinas básicas de PDI, características dos sensores orbitais LANDSAT e CBERS, além de trabalhos concentrados no mapeamento da evolução da mancha urbana. Todo o processo de classificação automática aplicado foi revisado embasado nas técnicas de interpretação visual de imagens e chaves de interpretação específicas. A base cartográfica digital para o projeto envolvendo todo o Município de Ubatuba foi extraída das Cartas do IBGE, oferecendo as coordenadas geográficas e informações valiosas como mancha urbana e sistema viário, hidrografia e outros.

Os trabalhos de Pereira et al (2005) propondo o monitoramento da mancha urbana através de imagens do LANDSAT TM/ETM de diversas regiões do Estado de São Paulo permitem identificar a evolução urbana. Com o fim do imageamento dos satélites LANDSAT 5 e 7, o monitoramento temporal em escala regional ficou prejudicado. Entretanto, com os programas CBERS novas imagens estão sendo obtidas e distribuídas amplamente para a sociedade brasileira, oferecendo imagens atualizadas relativamente compatíveis com as características do LANDSAT (MOREIRA et al, 2005 e NAKAMURA, NOVO, 2005), assegurando uma continuidade temporal nos trabalhos de mapeamento.

A imagem de 2006 foi georreferenciada com base nas cartas topográficas, sendo usada para o georreferenciamento das demais imagens. Todo o trabalho de pré-processamento e processamento teve como base Moreira (2004). As imagens orbitais sofreram as rotinas básicas de trabalho, a saber: correção geométrica, registro de imagens e contraste linear.

Para a classificação, adotamos o método de segmentação por extração de regiões. Tal rotina divide a imagem em regiões espectralmente homogêneas gerando distintas classes. “Para cada região o segmentador calcula os seguintes atributos espectrais: média, variância e

textura” (apud MOREIRA 2004). O classificador utilizado foi o ISOSEG, “uma técnica para classificação que procura agrupar regiões, a partir de uma média de similaridade entre elas” Moreira (2004).

Foram utilizadas as bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo) uma combinação espectral adequada. De acordo com (NIERO 1978) a banda do infravermelho é extramente útil para o estudo em áreas urbanas. O quadro abaixo demonstra a forte decorrelação entre as bandas citadas em ambos os sensores, ou seja, as bandas contêm informações complementares e pouco repetitivas. Além disto, a variação da faixa de abrangência no espectro eletromagnético das bandas 3 e 4 nos sensores utilizados é pequena proporcionando segurança na compatibilização dos sensores Landsat-5 e CBERS-2.

LANDSAT-5/TM - 1986			CBERS-2/CCD - 2006		
	B3	B4		B3	B4
B3	1.000	0.676	B3	1.000	0.819
B4	0.676	1.000	B4	0.819	1.000

Quadro 3: Matriz de correlação das bandas utilizadas

A agregação das regiões depende dos parâmetros de similaridade e área fornecidas pelo usuário. A similaridade expressa em número inteiro é a variação para mais ou para menos do número digital do pixel de referência para o agrupamento. A área é o valor mínimo expresso em pixel que será fechado um polígono. Vários testes foram realizados e verificados, chegando-se a uma combinação aplicada em todas as cenas: 3 de similaridade e 10 de área. A classificação forneceu diferentes números de classes nas datas analisadas.

Número de Classes Obtidas

1986: 6 classes

2006: 20 classes

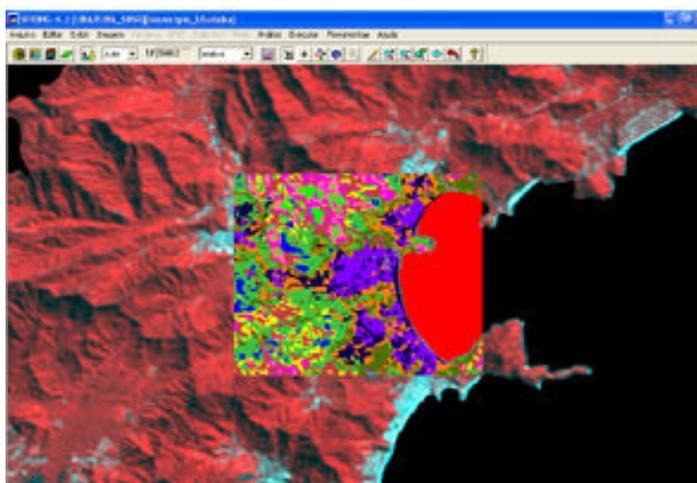


Figura 2: Regiões agrupadas pela classificação automática na imagem de 2006.

Com o objetivo de mapear exclusivamente a área urbanizada consolidada, todas as demais coberturas da terra foram desconsideradas e excluídas. Os trabalhos de mapeamento de áreas urbanizadas desenvolvidos por Moreira et al (2002) e Mello et al (2002) sugerem um método que consiste na classificação automática das imagens e posterior edição baseada em parâmetros de fotointerpretação.

A edição vetorial por fotorinterpretação foi realizada utilizando uma composição falsa cor com a banda 4 no canal R e banda 3 nos canais G e B, a fim de minimizar possíveis confusões e generalizações geradas pela classificação automática.

Baseado em FORESTI et al (1981) utilizamos parâmetros consagrados na literatura sobre fotorinterpretação como tonalidade/cor, textura, padrão, forma, tamanho e a convergência desses fatores.

Conforme KURKDJIAN (1986) é possível diagnosticar diferentes fases de implantação em áreas urbanas como em substituição, em consolidação, consolidada entre outras. A classe de interesse foi à área urbana de padrão já consolidado, caracterizada pelos seus lotes"... totalmente, ou quase totalmente ocupados, onde os lotes vazios são poucos ou inexistem...". Adaptando o conceito acima descrito optamos pela denominação 'áreas urbanas edificadas consolidadas'. Tal classe apresenta as características descritas abaixo:

Tonalidade: cinza-claro mosqueado

Textura: rugosa

Característica espacial: convergência de estradas e vias de circulação

Na figura abaixo o número 1 destaca uma área urbana edificada consolidada e o número 2, um loteamento que se encontra ainda em consolidação, ou seja, apresentando lotes vazios e livres de edificação.

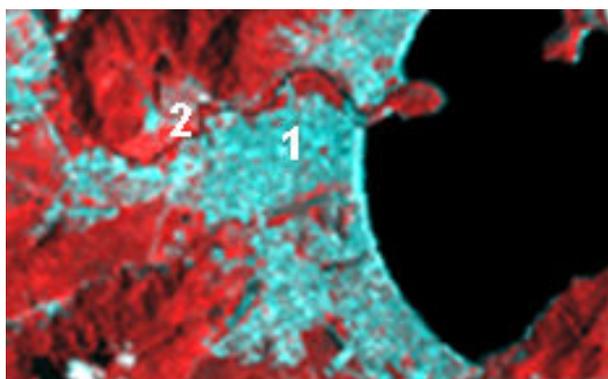


Figura 3: Imagem Landsat de 2000 em composição falsa cor B4(R)B3(GB).

5. Resultados

A classificação automática de imagens apresentou vantagens sobre a fotorinterpretação, destacando a rapidez na análise de grandes volumes de dados, a diminuição no grau de subjetividade e a melhor definição dos contornos. Porém, apresenta problemas de omissão e inclusão, ou seja, existem confusões entre alvos espectralmente parecidos.

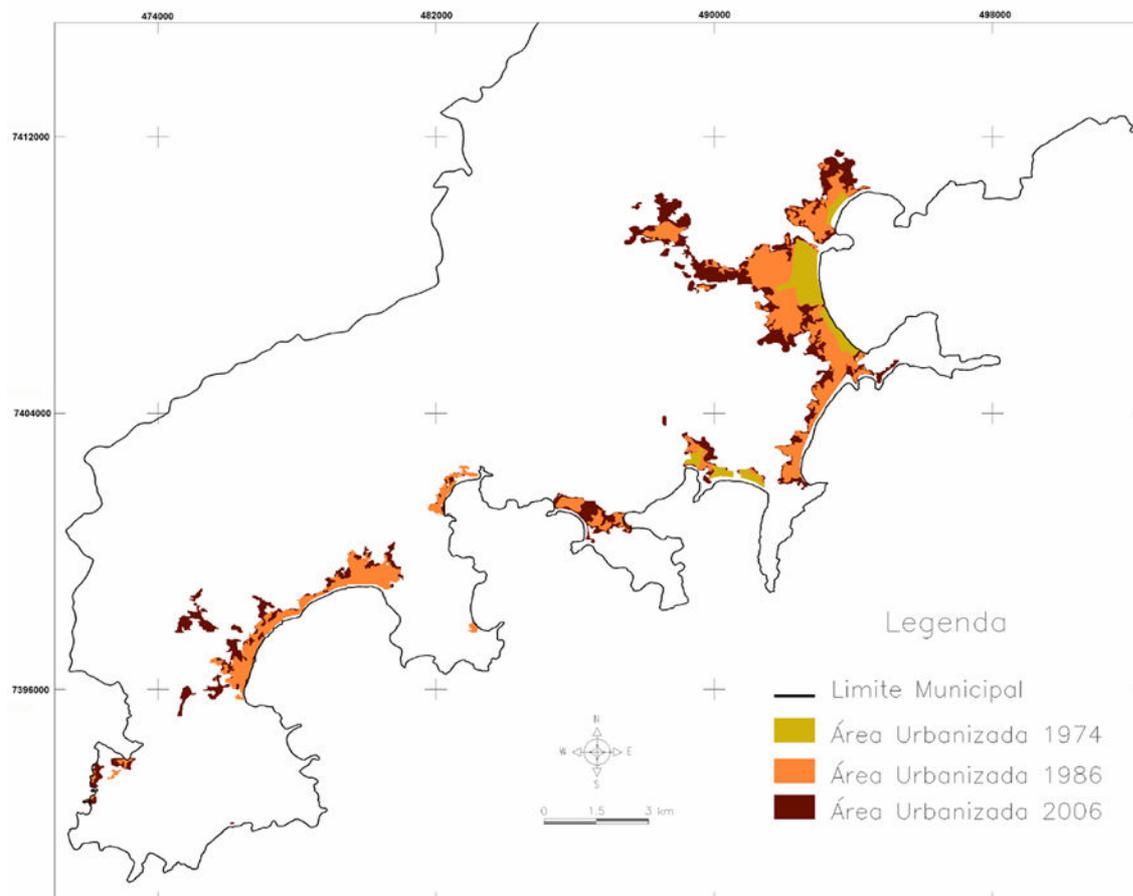
Os algoritmos implementados nos softwares de processamento de imagens ainda não conseguem levar em conta todos os critérios que os foto-intérpretes consideram.

As classes que, em geral, foram confundidas com áreas urbanas edificadas consolidadas são manchas de solo exposto e áreas de mineração por conta de respostas espectrais bastante semelhantes. Identificamos também confusões com áreas de cultivo, principalmente na cena mais antiga.

Estas confusões descritas foram todas alteradas por meio de edição vetorial, realizadas por meio de parâmetros já citados, destacando principalmente a textura lisa para solo exposto,

mineração e mesmo culturas, também sendo identificadas pela coloração nas composições falsa cor. Como produto final obteve-se um mapa com as manchas urbanas sobrepostas.

Expansão da Área Urbana Edificada Consolidada - Ubatuba-SP - 1974/1986/2006



Mapa 1: Evolução Urbana – Ubatuba – SP

UTM/SAD69 – Fuso: 23 S

Fontes: Limite Municipal – IBGE – 2000
Cartas Topográficas IBGE – 50.000 – 1974
Imagem do Satélite LANDSAT– 5 – 1986
Imagem do Satélite CBERS – 2 – 2006
Programa: SPRING 4.2 – INPE

Os dados permitem concluir que, em 1974 a mancha urbana estava concentrada na orla na parte central do município. Em 1986, se expandiu ao interior da planície litorânea da parte central do município. Na parte sul, a mancha se consolidou na orla. Finalmente, em 2006, a expansão se resumiu as áreas da escarpa da serra, revelando uma pressão demográfica nas áreas de risco para a ocupação urbana. A parte norte/nordeste do município não apresentou nenhuma área urbana consolidada. Nota-se, portanto, um movimento inicial intenso de ocupação da orla. Posteriormente, identifica-se um avanço da mancha urbana ao interior da planície litorânea, seguido da ocupação nas escarpas e área mais interiorizadas.

6. Conclusão

Foi possível realizar um mapeamento na escala regional (1: 100.000) da evolução urbana com base em materiais facilmente acessíveis, oferecendo, a baixo custo, dados que indicam os principais vetores de expansão da área urbana consolidada, propiciando material de base para os órgãos de planejamento e outros estudos.

7. Referências

Florenzano, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Municípios criados a partir de 1990. 1999**. Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/novos_municipios.htm>. Acesso em: 26 abr. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE - SPRING – **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. <http://www.dpi.inpe.br/spring>. 2003.

Kurkdjian, M. L. N. de Oliveira. **Um método para identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano**. 1986. 148 p. Doutorado - (FAU-USP).

Moreira, A. M.; Cardoso, V.; Freitas, de R. M.; Rudorff T. F. B. **Comparação da resposta espectral de alvos de imagens CBERS 2 e LANDSAT 5 MODIS**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p.1027 -1034. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/rep-/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 07 ago. 2006.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 314 p.

Panizza, A. C. **Imagens orbitais, cartas e coremas: uma proposta metodológica para o estudo da organização e dinâmica espacial**. 2004. 302 p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo/ Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/ Departamento de Geografia. São Paulo.

Pereira, M. N; Correia, V. R. M. **Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.