

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ESTUDO AMBIENTAL E DA ESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO URBANO EM ÁREAS METROPOLITANAS

Celina Foresti
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515
12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

Os satélites de segunda geração podem ser definidos como satélites mapeadores, dadas as suas características superiores no que diz respeito às resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e geométricas. A disponibilidade destes dados com tais características aumentou consideravelmente sua utilização no estudo do ambiente urbano. A integração de dados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com diferentes resoluções espaciais e espectrais e outros dados convencionais, obtidos em cartas topográficas e outras fontes, aumenta a possibilidade de geração de novos produtos que fornecem informações mais detalhadas e precisas do ambiente urbano. Neste trabalho é apresentada uma proposta metodológica da utilização da tecnologia disponível de Sensoriamento Remoto para o estudo do ambiente e estruturação do espaço urbano em áreas metropolitanas e são discutidos resultados de estudos realizados na Área Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

The second generation satellites can be defined as mapping satellites due to their superior spatial, spectral and radiometric resolutions. Satellite data with these characteristics increase considerably their utilizations in urban studies. The integration of data from the Geographic Information System (GIS) with different spatial and spectral resolutions to the conventional data obtained from topographic maps or other sources, increases the possibility of producing new products that contain detail and precise information about the urban area. In this paper, a methodology of using remote sensing technology to study the urban environment and its space structure in metropolitan areas is proposed. Results of a study carried out in São Paulo Metropolitan Area are also discussed.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia disponível de sensoriamento remoto, com os novos sensores a bordo dos satélites de segunda geração, definidos como mapeadores, não deve ser desconhecida pelos estudiosos e planejadores do ambiente urbano como instrumento auxiliar de trabalho.

Dados orbitais tornam-se cada vez mais adequados a estudos urbanos, dadas as suas características superiores em relação às resoluções espaciais,

espectrais, temporais, radiométricas e geométricas.

Os sensores orbitais do tipo "Thematic Mapper" (TM), com resolução espacial de 30 metros e 7 bandas espectrais, como também os sensores "High Resolution Visible" (HRV), com resolução espacial de 20 metros para as 3 bandas espectrais e 10 metros para a banda pancromática, podem contribuir para o desenvolvimento de uma série de estudos urbanos que se mostravam impraticáveis com o sensor "Multispectral Scanner Subsystem" (MSS), com resolução espacial de 80 m.

Algumas características das imagens de satélites devem ser destacadas como de grande importância na análise urbana.

A possibilidade de visão sinótica da cidade e seu entorno, facilita apreender a distribuição espacial dos diferentes elementos da estrutura urbana-regional, bem como, a ligação entre eles; a visão integrada dos elementos naturais e o arranjo espacial interno de origem antrópica permite avaliar as condições ambientais urbanas; a capacidade de oferecer produtos multiespectrais auxilia no entendimento da complexidade do ambiente urbano representada por proporções variadas de concreto, cimento, vegetação, pavimento, edificações etc., tornando possível a análise dos diferentes elementos que compõem o espaço urbano; a possibilidade de análise multitemporal do fenômeno urbano, graças às sucessivas passagens dos satélites, torna possível acompanhar a expansão das áreas urbanizadas e as alterações que ocorram em sua estrutura; a disponibilidade de dados em forma digital possibilita o tratamento dos dados em Sistemas de Processamento Digital, com a utilização de técnicas de realce, de registro, de integração, classificação e ampliação de imagens em escalas compatíveis com o estudo de áreas urbanas; a possibilidade de integração de dados orbitais em Sistemas de Informações Geográficas com dados convencionais, obtidos em cartas topográficas e outras fontes, permite a geração de novos produtos que fornecem informações mais detalhadas e precisas do ambiente urbano.

Esta temática tem sido discutida, em nosso meio, entre outros autores, por Foresti (1978), Niero (1978), Foresti (1986), Kurkdjian (1987), Kurkdjian (1989) etc.

Neste trabalho são apresentados os procedimentos metodológicos sobre a utilização da tecnologia disponível de Sensoriamento Remoto para o estudo do ambiente e estruturação do espaço urbano em áreas metropolitanas e são discutidos resultados obtidos na Área Metropolitana de São Paulo por Foresti (1986), Foresti et al (1987) e Foresti et al (1989).

2. AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO DA MANCHA URBANA CONTÍNUA DA ÁREA METROPOLITANA

Em estudos urbanos em áreas metropolitanas, é importante salientar a necessidade de uma análise geral para toda a Área Metropolitana, no que se diz respeito, à expansão da urbanização para avaliação de sua tendência nos diferentes setores urbanos e identificação de áreas prioritárias para estudos mais detalhados, devido à dinâmica mais intensa. O período de tempo para análise é um outro fato a ser considerado para que se possa chegar à taxas de expansão, velocidade e dinamismo dos vários setores.

Em relação aos produtos a serem utilizados nesta etapa do trabalho, todos os produtos disponíveis (MSS e TM-LANDSAT, HRV-SPOT, fotografias aéreas, fotos obtidas de sobrevôo e helicóptero e dados de campo) são complementares no entendimento da dinâmica da organização espacial urbana.

No caso específico do estudo da expansão urbana da Área Metropolitana de São Paulo, o período de estudo foi de 1975-1985, em períodos intecalados de dois em dois anos. Foram avaliadas nesta fase, as novas áreas incorporadas ao tecido urbano nos seguintes anos: 1975, 1977, 1979, 1981, 1983 e 1985, com taxas de 4,74%, 9,22%, 6,20%, 1,20%, 3,85%, respectivamente para cada período bianual. Estes resultados apresentaram uma avaliação global do processo de urbanização e notou-se que em termos de expansão acelerada há um pico no biênio 1977-1979 com 9,22%, para em seguida haver uma diminuição que não retomou os níveis anteriores quanto à taxa de expansão urbana.

Para a identificação de setores mais dinâmicos, a superposição de dados multitemporais deve abranger períodos maiores de tempo. Neste estudo o período foi de 8 anos (1976 e 1984), para o qual foram superpostos os resultados da delimitação da mancha urbana contínua da Área Metropolitana de São Paulo para as duas datas analisadas. Assim, foi possível a identificação do Setor Oeste de São Paulo, onde a expansão urbana está ocorrendo de maneira intensa e que mereceria um estudo mais detalhado da estruturação urbana e dos impactos ambientais que aí ocorrem. O Setor Oeste de São Paulo, para fins deste estudo, constou parcialmente dos municípios de Osasco, Carapicuíba, Barueri, Itapevi, Jandira e Santana do Parnaíba.

A análise multi-temporal de dados orbitais foi realizada para esta área experimental, através do registro semi-automático de imagens (MSS-banda 5), que possibilitou uma imagem multi-temporal, que ressaltou as alterações ocorridas da primeira passagem (1974) para a segunda passagem (1984). Com base nestes dados foi possível identificar as áreas de expansão urbana de maneira rápida, cuja precisão e tipo de uso do solo foram checados no campo e por sobrevôo de helicóptero, a partir da plotagem em cartas topográficas nas escalas de 1:50000 e 1:25000. As áreas alteradas visualizadas na imagem multi-temporal foram classificadas como: áreas residenciais, industriais, loteamentos, terraplenagem, movimento de terra, ampliação de pedreiras, áreas desmatadas.

Estas diferentes classes obtidas para as áreas alteradas mostra a importância de uma observação detalhada no campo para evitar erros de interpretação e super estimativa das áreas de expansão urbana.

3. DINÂMICA DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

A dinâmica da organização espacial em áreas urbanas foi realizada especialmente pela análise nas alterações ocorridas no uso do solo. Para análise do uso do solo das novas áreas incorporadas ao tecido urbano foi utilizada a composição colorida obtida das bandas 4, 3 e 5 (RGB) do sensor TM. Esta composição se mostrou a mais adequada e permitiu através da análise dos arranjos texturais e variações de tonalidade, a separação de unidades homogêneas de ocupação urbana. São bem definidas áreas densamente construídas em cor ciano e textura lisa. Os loteamentos recentes, áreas de terraplenagem e áreas de uso tipicamente industrial podem ser visualizados em tonalidades claras (tendendo ao branco), devido principalmente à contribuição espectral do solo, como é o caso das áreas de terraplenagem com a remoção da cobertura vegetal. As formas para os alvos de maior dimensão, especialmente as indústrias, são bem definidas nesta composição colorida.

Para a realização de mapas de alteração do uso do solo, há necessidade da recuperação de informações de uso do solo mais antigas, que possam fornecer dados para avaliar as alterações ocorridas. No caso do Setor Oeste de São Paulo, foram elaboradas dois mapas de "alterações do uso do solo", um para o período de 1974-1980 e outro referente a 1980-

1985. A legenda desses mapas apresentou um dinamismo da área. Foi realizada em dois blocos, o primeiro englobando apenas as classes que eram comuns aos dois mapas superpostos, enquanto o segundo bloco da legenda, apresentou as classes de uso que foram alteradas da primeira data para a segunda. Estes mapas são muito ricos em informações a respeito do aspecto temporal das transformações.

4. EXPANSÃO URBANA E IMPACTO AMBIENTAL

Além da avaliação da expansão e estruturação do espaço urbano, foi possível também, tecer considerações e analisar os impactos ambientais relacionados à expansão urbana. Alguns segmentos identificados na imagem multi-temporal foram ampliados em dados digitais pancromáticos HRV-SPOT, para a escala 1:10000 e permitiram a visualização detalhada das áreas alteradas.

Observou-se que a retirada da cobertura vegetal para os grandes empreendimentos imobiliários é o fator de desencadeamento da erosão do solo. Os índices de cobertura vegetal permitiram inferir processos de degradação em níveis diferenciados quando associados, por exemplo, a parâmetros do relevo e características das chuvas.

As áreas urbanizadas puderam ser individualizadas com altos e baixos índices de cobertura vegetal, em determinadas fases de sua instalação. Por exemplo, a implantação de bairros residenciais de classe alta inicia-se com a retirada total da vegetação (índices de 0,0 a 0,3) na maioria dos casos, para na fase final de ocupação apresentarem índices de cobertura vegetal muito altos (0,6 a 0,9). Nem sempre na implantação inicial dos loteamentos residenciais de baixo padrão é feita a retirada total da vegetação. No entanto, à medida que são feitas as edificações há um adensamento residencial alto e a cobertura vegetal passa a apresentar índices baixos.

A cobertura vegetal se mostrou como o mais importante elemento indicador de alterações do equilíbrio ambiental, possível de ser monitorado através de imagens orbitais de sensoriamento remoto. A retirada da cobertura vegetal é o processo desencadeador da erosão do solo, no entanto, esse processo pode ser acelerado ou interrompido de acordo com o padrão de utilização da área e outras

características como solo, relevo, declividade etc.

A degradação ambiental por loteamentos inadequados vem sendo enfrentada por uma ação conjunta de vários órgãos oficiais, por etapas sucessivas de atuação.

A Empresa de Planejamento da Grande São Paulo (EMPLASA) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), desenvolveram um programa de atuação conjunta na preparação e divulgação de produtos técnicos visando subsidiar a atuação das prefeituras, tanto a nível preventivo, quanto corretivo. Uma das etapas constou da preparação da Carta de Aptidão Física de Assentamento Urbano na Grande São Paulo, escala de 1:50000. Nela se assinalam critérios técnicos gerais para o parcelamento do solo, em face da especificidade de cada uma das unidades "homogêneas" detectadas. Tal carta tem aplicações de caráter regional e pode servir de instrumento à elaboração de normas de uso e ocupação do solo.

As análises relativas ao impacto ambiental do crescimento urbano do Setor Oeste de São Paulo, levaram em consideração a localização dos assentamentos urbanos em relação à Carta de Aptidão Física de Assentamento Urbano da área de estudo. Concluiu-se pela comparação destes dois documentos, que no Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo, os impactos ambientais estão mais relacionados aos padrões de assentamento urbano do que propriamente às características físicas da área de estudo. A organização do Setor Oeste de São Paulo apresenta uma variação interna em relação aos padrões sociais da população. Ao lado de uma camada de população de baixa renda, ocorrem bairros residenciais de alta classe média. Existem direções de atração da classe média alta para as regiões SO e O de São Paulo, com ocorrência de condomínios de alto padrão residencial, numa área que é a periferia da Área Metropolitana. Nota-se então, que para a mesma classe de aptidão física de assentamento urbano, adequada ou não, existem as mais variadas respostas do ambiente à ação antrópica, desde a conservação do equilíbrio ambiental, até diferentes níveis de degradação. Observou-se também que o fator declividade alta é um dos mais evidentes fatores para o desequilíbrio ambiental urbano.

5. INTEGRAÇÃO DE DADOS DIGITAIS COM UM MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS

Quando há disponibilidade de cartas de "aptidão física de assentamento urbano", os planejadores dispõem de um material auxiliar importante nas diretrizes relativas à expansão urbana.

No entanto, onde não existem estas informações, os modelos digitais de terreno podem ser de grande utilidade na fase inicial do planejamento, especialmente se associados aos dados de imagens de satélite.

Foresti et al (1989) integraram dados HRV-SPOT, pancromáticos e multiespectrais, com dados altimétricos extraídos de carta topográfica 1:50000, com equidistância das curvas de nível de 20 metros. Para o processamento e a integração desses dados, foram usados o Sistema Interativo de Tratamento de Imagens (SITIM) e o Sistema Geográfico de Informações (SGI), desenvolvidos pelo INPE.

O processo de integração de dados HRV-SPOT, foi feito a partir do registro das imagens e da aplicação da transformação IHS-RGB às imagens multiespectrais (HRV-XS). Desta maneira a componente I resultante da transformação IHS foi substituída pela imagem pancromática (HRV-P).

Os dados de altitude para gerar o Modelo Digital de Terreno (MDT) foram extraídos da carta topográfica através da digitalização das curvas de nível. Para o processamento destes dados e a obtenção do modelo, como também a integração com os dados SPOT, foi utilizado o SGI.

Os resultados obtidos permitiram obter informações gerais de altitude relativa e inferir classes amplas de declividade. Desta forma, foi possível separar as áreas do terreno mais íngremes da periferia da Área Metropolitana de São Paulo, que correspondem às áreas de maior potencial de risco, ou seja, mais sujeitas aos problemas de erosão. As áreas de várzea, inadequadas ao assentamento urbano, principalmente pelo risco de inundação, também podem ser delimitadas à partir da análise da imagem obtida.

A utilização desse tipo de produto pode agilizar o processo de

planejamento urbano e regional, na medida que permite identificar de forma rápida e eficiente as áreas inadequadas à expansão urbana, bem como, indicar as áreas mais apropriadas para a ocupação.

A inferência dessas áreas pode ser feita diretamente nessa imagem integrada e a constatação precisa das áreas problemáticas não prescinde do trabalho de campo detalhado, o qual pode ser direcionado e planejado a partir da análise da imagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FORESTI, C. Avaliação e Monitoramento Ambiental da Expansão Urbana do Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo; Análise através de dados e técnicas de Sensoriamento Remoto. Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Geografia da USP. São Paulo, 1986.

FOORESTI, C.; DUTRA, L.V.; MENESES, P.R.; KURKDJIAN, M.L.N.O. Integração de imagens pancromáticas HRV-SPOT e TM-LANDSAT para estudos de uso do solo urbano na área metropolitana de São Paulo, Brasil. In: II SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, Bogotá, Colombia, 1987, p. 441-447.

FORESTI, C.; FLORENZANO, T.C.; ERTHAL, J.E.; GODOY, JR.M. Integração de dados de satélite SPOT com um modelo digital de terreno para avaliação de impacto ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 14, 21-26 Mai., 1989, Gramado. Anais, SBC, Gramado, v.2, 1989.

KURKDJIAN, M.L.N.O.; Ii, S.S. Integração de imagem SPOT multiespectral e aerofoto pancromática para estudo do uso do solo urbano. In: IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE PERCEPCION REMOTA, Bariloche, 1989, Argentina, Tomo I, p.414-421.

KURKDJIAN, M.L.N.O. Sensoriamento Remoto orbital: um instrumento para monitorar o crescimento urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE CRESCIMENTO URBANO. Fundação Joaquim Nabuco, Recife, out. 1987, pp. 405-408.

NIERO, M. Utilização de dados orbitais do LANDSAT-1 na classificação de uso do solo urbano de São José dos Campos, INPE, 1978. (INPE-1295-TPT/093).