

Aplicação da Técnica de Segmentação em Imagens HRV/SPOT para a Discriminação dos Vazios Urbanos

RITA DE CÁSSIA BORGES LINHARES ALVES PADILHA
MARIA DE LOURDES NEVES DE OLIVEIRA KURKDJIAN

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515, 12.210 São José dos Campos, SP, Brasil

Abstract: Vacants identification in the internal urban structure is important to the urban planning process. Remote sensing products and techniques applied to the urban planning process are efficient. However, due to the spatial and spectral characteristics of orbital images, these products have some restrictions in certain studies of internal urban structure. The main contribution of the present study to the urban planning process was the search of an instrument to identify and analyze these vacants. This instrument was the Segmentation Technique applied to the HRV/SPOT images (panchromatic, multispectral and hybrid product - generated through fusion of the panchromatic and the multispectral). The selected area comprised part of the Guarulhos municipality (SP). All these results were analysed qualitatively in the computer monitor. Among all results, the hybrid product allowed the better discrimination of the vacants cause of spatial and spectral information of the urban targets.

Keywords: Urban Planning, Remote Sensing.

1 Introdução

Na análise da estruturação do espaço intra-urbano das cidades brasileiras é comum encontrar um grande número de terrenos edificáveis, que permanecem vagos, constituindo os chamados “vazios urbanos”. Tais terrenos pertencem a pessoas que especulam com imóveis, a instituições diversas e ao governo (municipal, estadual e federal). As principais consequências da existência desses vazios na estrutura interna das cidades de grande e médio porte são: a excessiva verticalização das áreas centrais urbanas e a excessiva horizontalização em direção à extrema periferia, tornando os equipamentos urbanos mais caros, pois os órgãos públicos são obrigados a aumentar a aplicação de seus recursos na ampliação das redes de serviços.

No processo de planejamento urbano, o qual envolve decisões relativas à escolha do cenário futuro desejado (objetivos), das alternativas de ação para alcançar este cenário, das correções dos desvios no processo de implantação das alternativas, do ajuste dos resultados e novamente à escolha dos novos objetivos, reiniciando o ciclo, caracterizando-se por sua natureza permanente e contínua (Kurkdjian, 1993), é necessário, para sustentá-lo, um eficiente sistema de informações relativas às instâncias econômica, social, político-institucional e físico-territorial.

Os métodos convencionais de coleta de dados (levantamentos estatísticos e de campo) não podem mais ser considerados como única fonte de informações ao processo de planejamento urbano. Os produtos de sensoriamento remoto, tanto imagens orbitais como

fotografias aéreas, podem desempenhar importante papel no processo de planejamento e reestruturação do ambiente urbano. Segundo Loch e Kirchner (1988) a utilização de tais produtos permite identificar as características e as origens dos agentes modificadores do espaço, reconhecer e mapear, além de permitir verificar a extensão e a intensidade das alterações provocadas pelo homem. As fotografias aéreas de baixa e média altitudes, em escalas maiores que 1:25.000, tornaram-se valiosas ferramentas para estudos intra-urbanos, por permitirem a discriminação precisa de cada elemento que compõem a cena.

As imagens orbitais, no entanto, apresentam certas restrições quanto ao seu uso em determinados estudos intra-urbanos, pois as áreas urbanas apresentam uma estrutura complexa e heterogênea, com considerável relação interpixel e intrapixel, com alta frequência espacial de mudança. Assim, devido as resoluções espaciais dos sistemas sensores orbitais em operação e dependendo do tipo de informação desejada não é possível uma discriminação precisa dos alvos urbanos. Problemas relacionados com a resolução espacial, com o comportamento espectral dos alvos urbanos, no que se refere a utilização de produtos de sensoriamento remoto a nível orbital em estudos de áreas urbanas podem ser melhor compreendidos através dos trabalhos de Welch (1982), Jensen (1983), Forster (1985), Vieira (1993) e Padilha (1995).

Através desses trabalhos anteriormente citados, foi concluído que mesmo considerando a melhor resolução espacial de 10 m do produto do sensor HRV/ SPOT no modo pancromático, a utilização de tais produtos na

realização da análise da estrutura intra-urbana ainda é limitada, restringindo-se a aplicações específicas.

Segundo Armand (1993), na tentativa de realização de estudos intra-urbanos através de imagens orbitais são aplicadas a essas técnicas de processamento digital, as quais visam realçar as imagens através da manipulação dos valores de cinza, de filtragens espaciais, da geração de produtos híbridos e outros processamentos, de modo a tornar mais eficiente a extração de informações, através da interpretação visual e/ou automática dos dados.

Tendo em vista contribuir para a utilização das imagens orbitais em estudos da estrutura intra-urbana, o presente trabalho objetivou avaliar os resultados obtidos com a aplicação da Técnica de Segmentação em imagens HRV/SPOT multiespectral, pancromática e no produto híbrido obtido pela fusão dessas duas imagens para a delimitação dos vazios urbanos contribuindo, assim, com o processo de planejamento urbano por investigar um instrumento para o levantamento e posterior análise de tais vazios.

O propósito, então, foi avaliar se através do processamento digital de imagens, utilizando a técnica de segmentação, seriam delimitadas e discriminadas, no interior da trama urbana, as áreas de vazios urbanos. E, assim, o processamento digital seria uma alternativa eficiente à interpretação visual de imagens considerando a aplicação específica em questão.

2 Técnica de Segmentação

As técnicas de segmentação objetivam subdividir uma imagem em suas diversas regiões (ou objetos) constituintes.

Para tanto, as técnicas de segmentação lidam com a definição espacial das regiões que constituem uma imagem. As regiões que constituem uma imagem apresentam duas características básicas: 1) exibem alguma uniformidade interna com respeito a uma propriedade da imagem, 2) as regiões diferenciam-se de suas vizinhanças. Uma dessas características pode ser o nível de cinza dos pixels que compõe uma imagem, visto que as regiões são caracterizadas pela reflectância ou emissividade dos elementos que a compõe, inerentes as propriedades físico-químicas de tais elementos. Assim, uma região com pixels com nível de cinza constante indica uma classe homogênea. Em geral, os algoritmos de segmentação consideram as características de descontinuidade e de similaridade dos valores de nível de cinza.

Os métodos que consideram a descontinuidade dos valores de nível de cinza dos pixels de uma imagem são baseados nas mudanças bruscas de tais valores entre os pixels. Esses métodos procuram por pixels que se

encaixam nos pressupostos do método e que ao serem compostos em uma estrutura mais elaborada representem limites entre classes homogêneas. Exemplos de métodos que consideram a descontinuidade dos valores de nível de cinza são: Detecção de Bordas, Detecção de Linhas e Detecção de Pontos. Os métodos que consideram a similaridade dos valores de nível de cinza dos pixels de uma imagem procuram por pixels com valores similares, os quais são agrupados em regiões homogêneas, se o critério de similaridade for satisfeito. Os métodos mais comuns são: Crescimento de Regiões e Separação e Junção de Regiões.

No presente trabalho foi utilizado um método baseado na similaridade dos valores de nível de cinza da imagem: o Método de Crescimento de Regiões, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e que está implementado no Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING).

2.1 Método de Crescimento de Regiões

Os métodos que consideram a similaridade dos valores do nível de cinza dos pixels de uma imagem supõem que sendo R o domínio de toda uma imagem e R_i as subregiões da imagem, os pressupostos são:

1) A região deve ser conectada, ou seja, para qualquer par de pixels pertencentes a região, x_i e x_j , deve haver uma sequência $\{x_i, x_k, x_{k+1}, \dots, x_j\}$ tal que x_k e x_{k+1} são vizinhos e todos os vizinhos da sequência pertencem a região;

2) $I = \bigcup_{k=1}^m R_k$, em que I é a imagem inteira e R_k é a $k^{\text{ésima}}$ região;

3) $R_i \cap R_j = \emptyset$, para todo i e j , $i \neq j$;

4) Supondo uma função booleana $H(R)$, que muda a homogeneidade de uma região tem-se:

$H(R_k) = \text{verdadeiro}$, para $k=1, 2, \dots, m$;

$H(R_i \cup R_j) = \text{falso}$, para $i \neq j$.

Para o método de Crescimento de Regiões existem diferentes implementações do algoritmo, permanecendo a mesma fundamentação. Pelo método desenvolvido pela DPI (Bins, 1994), considerando os pressupostos acima apresentados, duas regiões R_i e R_j serão agregadas se os seguintes critérios forem satisfeitos:

1) $R_j = \text{vizinho mais próximo } (R_i)$;

2) $R_i = \text{vizinho mais próximo } (R_j)$;

3) $\text{dist}(R_i, R_j) < \text{limiar de similaridade}$;

onde,

$\text{dist}(R_i, R_j)$ é a distância euclidiana entre duas médias espectrais de R_i e R_j ;

$R = \{R_k | \text{dist}(R, R_k) = \min(\text{dist}(R, R'), R' \text{ pertence ao vizinho mais próximo de } R)\}$

Para implementar o algoritmo proposto, inicialmente é fornecido o limiar de similaridade e o limiar de área. O limiar de similaridade pode ser entendido como a distância euclidiana máxima entre os centros espectrais de duas regiões. O limiar de área refere-se ao tamanho mínimo, em pixels, de uma região que se pretende delimitar.

É importante salientar que não há valores ideais para os limiares de similaridade e de área. Estes dependem das características da cena e da imagem, dos objetivos da pesquisa em conjunto com a resolução espacial do produto. Apenas através de alguns testes é que se poderá ter o valor ideal para um determinado objetivo.

Tendo sido fornecidos tais valores e de acordo com os pressupostos citados anteriormente, cada região começa a crescer, a partir de um pixel, simultaneamente em toda a imagem. No caso de imagens multiespectrais, o algoritmo considera a composição e segmenta todas as bandas ao mesmo tempo.

3 Materiais e Método

Para atingir os objetivos propostos foram utilizados os materiais e realizada a sequência metodológica como segue.

3.1 Área de Estudo

A área selecionada para estudos compreendeu parte do município de Guarulhos. O município de Guarulhos está inserido na maior metrópole brasileira - a Grande São Paulo - importante por suas atividades econômicas e concentração populacional. Está localizado a 23°91' de latitude sul e 46°31' de longitude oeste de Greenwich e ocupa uma área de 341 km², com altitude média de 760 m. Foi escolhida esta região devido suas características de desenvolvimento urbano, sua localização na região metropolitana de São Paulo, disponibilidade de material e facilidade de acesso.

3.2 Materiais

Para a realização do presente trabalho foram necessários os materiais e equipamentos que seguem:

1)Imagens digitais obtidas pelo SPOT/HRV-2: Imagem Multiespectral de 24.08.91 e Imagem Pancromática de 14.10.91, órbita/ponto 716/397. Essas imagens foram corrigidas para nível 1A, no Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). Posteriormente, passaram por uma nova correção para nível 2A, pela Divisão de Geração de Imagens (DGI), no INPE de Cachoeira Paulista

(S.P.). Para atender aos objetivos do trabalho foi selecionada uma área da imagem total, contendo apenas a área de estudo selecionada. A imagem multiespectral selecionada compreendeu um total de 549 x 392 pixels e a imagem pancromática, 928 x 703 pixels.

2)Imagem SPOT/HRV-2 papel, no modo pancromático, na escala 1:25.000, do ano de 1989, a qual foi utilizada como apoio para trabalho de campo;

3)Fotografias aéreas pancromáticas, na escala 1:10.000, abrangendo os anos de 1986 a 1989, disponíveis para consulta na Empresa de Planejamento da Grande São Paulo (EMPLASA);

4)Cartas Planialtimétricas, do ano de 1981, e Cartas de Uso do Solo, do ano de 1994 (Folhas nº SF-23-Y-D-I-SO e SF-23-Y-II-4-SE), ambas na escala 1:25.000 e confeccionadas pela EMPLASA.

Para o processamento digital e análise dos dados foi utilizado SPRING, versões 1.0 e 1.1, o qual está implementado em "workstations" (estações de trabalhos) em que o sistema operacional é o UNIX.

3.3 Método

A sequência metodológica consistiu de 5 passos básicos como segue. No primeiro passo foi realizada a interpretação visual da imagem-papel, somente sobre a área selecionada, objetivando a discriminação das áreas de vazios urbanos. Tal interpretação foi complementada pelas informações das fotografias aéreas e da imagem multiespectral no formato digital e consulta às cartas de uso do solo. Através desses resultados foram delimitadas as áreas de vazios urbanos e todas foram checadas em trabalho de campo.

Na discriminação dos vazios urbanos nesses produtos foi levado em consideração que estes caracterizam-se por áreas de vegetação, densas ou rarefeitas, e áreas de solo exposto. De acordo com o interesse de discriminá-los na estrutura interna urbana, foram identificadas e discriminadas quatro classes de uso do solo: 1) área construída (caracterizada por áreas de loteamento novo, construções de alta reflectância, áreas densamente construídas e menos densamente construídas, áreas industriais e o aeroporto), 2) área de vegetação (densa e rarefeita), 3) área de solo exposto e 4) água (rios, lagos, córregos, estações de tratamento).

O segundo passo consistiu em georeferenciar as imagens pancromática e multiespectral ao plano cartográfico UTM/CÓRREGO ALEGRO das cartas elaboradas pela EMPLASA. No terceiro passo essas imagens foram registradas entre si para posterior aplicação da técnica de Transformação IHS. A intenção foi reajustar a imagem multiespectral à imagem pancromática, de modo a ter a resolução espacial de 10 m da imagem pancromática.

O objetivo da fusão das imagens através da técnica de Transformação IHS, consistindo do quarto passo, foi obter um produto híbrido com resolução espacial de 10 m da imagem pancromática e a possibilidade de resolução espectral da imagem multiespectral em um único produto.

O quinto passo consistiu na aplicação da técnica de segmentação às imagens pancromática, multiespectral e ao produto híbrido, visando verificar o potencial do algoritmo em delimitar as classes de uso do solo pré-determinadas no primeiro passo. Na definição dos valores dos limiares de área foi possível gerar uma relação entre a área mínima dos vazios urbanos e a resolução espacial dos produtos utilizados. Assim, considerando que a área mínima estipulada para os vazios urbanos foi de 2400 m², foi determinado o valor de limiar de área igual a 6 para a imagem multiespectral (onde cada pixel representa 400 m²) e igual a 25 para a imagem pancromática e o produto híbrido (visto que cada pixel representa 100 m²). Para os limiares de similaridade foram testados valores variando entre 8 e 26, em conjunto com os limiares de área definidos e foram selecionados os melhores resultados de acordo com os objetivos propostos.

4 Resultados

Os resultados da aplicação da técnica de segmentação às imagens pancromática e multiespectral e ao produto híbrido foram visualizados, interpretados e avaliados na tela do computador, tendo como verdade terrestre o produto resultante da interpretação visual da imagem-papel obtido como explicado no primeiro passo do tópico anterior.

Pelo resultado da imagem pancromática segmentada, obtida com limiar de similaridade igual a 10 e limiar de área igual a 25 (figura 4.1), observou-se que, de um modo geral, foi possível ao algoritmo discriminar entre as classes de uso do solo pré-determinadas, permitindo a identificação visual das áreas de vazios urbanos inseridos na estrutura interna urbana, e gerar regiões com traçados de bordas bem definidos em relação às formas e limites dessas áreas.

Provavelmente o traçado bem definido dessas bordas foi devido a informação espacial oferecida pela imagem pancromática (resolução espacial de 10 m). Porém, devido sua limitação espectral, a discriminação entre algumas das classes de uso do solo pré-determinadas foi dificultada em função do comportamento espectral similar entre tais classes. Deste modo, algumas edificações não foram separadas de certas áreas de vegetação e áreas de água não foram corretamente delimitadas devido a similaridade espectral com certas áreas de vegetação.

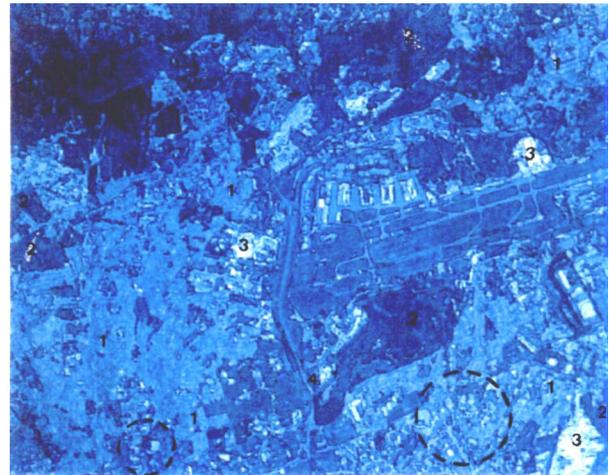


Fig. 4.1 - Imagem pancromática segmentada (1 - área urbana, 2 - vegetação, 3 - solo exposto, 4 - água)

Foi observado, também, que em alguns casos ocorreu uma subdivisão das classes de uso do solo de interesse. Ou seja, foram delimitadas áreas mais e menos densamente construídas, delimitação de construções de alta reflectância, áreas de vegetação mais e menos densas, e subdivisões inseridas nas áreas de solo exposto. Tais subdivisões ocorreram provavelmente em função das diferenças espectrais dos próprios alvos.

A imagem multiespectral segmentada foi obtida com limiar de similaridade igual a 9 e limiar de área igual a 6 (figura 4.2). Devido a informação espectral fornecida por essa imagem, foi possível uma melhor distinção entre as classes de uso do solo pré-determinadas. Regiões que foram confundidas na imagem pancromática foram distinguidas na imagem multiespectral. Por exemplo, a distinção entre certas áreas de vegetação e área construída e áreas de água e certas áreas de vegetação.

No entanto, comparando com a imagem pancromática segmentada, visualmente pode ser observado que o algoritmo parece ter perdido definições de algumas regiões em relação as formas e limites, pois foi gerado um excesso de pequenas regiões, para uma mesma região, como pode ser exemplificado pelas áreas circundadas nas imagens. De um modo geral, pode-se concluir que nesse produto, em função da informação espectral, foi possível uma identificação mais precisa das áreas de vazios urbanos inseridos na estrutura interna urbana.

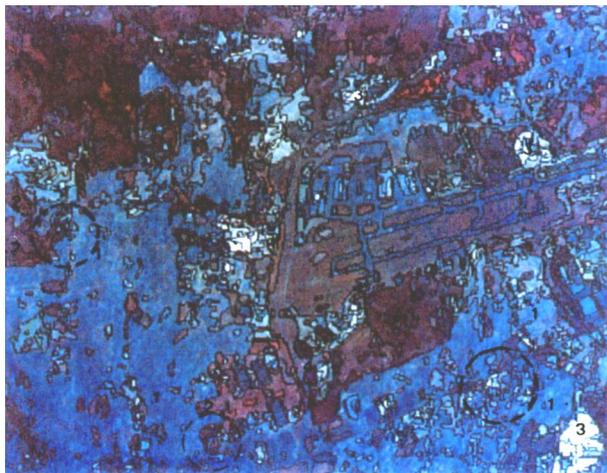


Fig. 4.2 - Imagem multiespectral segmentada (1 - área urbana, 2 - vegetação, 3 - solo exposto, 4 - água)

A figura 4.3 mostra o produto híbrido segmentado, obtido com limiar de similaridade igual a 16 e limiar de área igual a 10.

Utilizando o produto híbrido obtido da fusão das imagens pancromática e multiespectral, foi verificada a possibilidade de uma melhor discriminação espacial e espectral das classes de uso do solo pré-determinadas. Ou seja, a imagem pancromática forneceu ao produto híbrido a definição espacial e a imagem multiespectral forneceu a informação espectral.



Fig. 4.3 - Produto híbrido segmentado (1- área urbana, 2 - vegetação, 3 - solo exposto, 4 - água)

Como ocorreu para a segmentação da imagem pancromática, o algoritmo gerou regiões com traçados de bordas bem definidos em relação a formas e limites, enquanto a imagem multiespectral permitiu uma melhor

diferenciação espectral entre as classes de uso do solo pré-determinadas, possibilitando menor confusão entre as mesmas. Deste modo, a discriminação visual das áreas de vazios urbanos inseridos na estrutura interna urbana foi mais precisa

5 Conclusões

Através do desenvolvimento desse trabalho foi observado que em função da complexa e heterogênea estrutura urbana, com considerável relação interpixel e intrapixel, apresentando alta frequência espacial de mudança, uma discriminação eficiente dos elementos da estrutura intra-urbana é possível com produtos que ofereçam boas resoluções espacial e espectral.

No entanto, os produtos dos sistemas sensores em operação apresentam certas restrições quanto ao seu uso em determinados estudos intra-urbanos. Deste modo, a utilização conjunta de diferentes produtos e materiais e o trabalho de campo podem ser fundamentais para uma discriminação correta dos alvos urbanos, em função dos objetivos propostos a serem atingidos.

No presente trabalho a metodologia seguida e os resultados obtidos com a aplicação da técnica de segmentação aos diferentes produtos permitiu uma boa discriminação das classes de uso do solo possibilitando a discriminação dos vazios urbanos, mostrando que a aplicação de técnicas de processamento digital em imagens orbitais podem contribuir para a extração mais precisa de informações para estudos a nível intra-urbano.

Observou-se, também, que tendo em um único produto informação espacial e espectral, como no produto híbrido, pode-se obter resultados e informações bem mais precisas do que nas imagens pancromática e multiespectral isoladamente. Assim a aplicação de técnicas de processamento digital em imagens orbitais contribuiu para a extração de informações para estudos a nível intra-urbano.

6 Referências Bibliográficas

Armand, M. **Planificación urbana e imágenes espaciales**. In: Curso de Percepcion Remota y Urbanismo, Santiago, 3-8 mayo, 1993, Toulouse, GDTA, 42 p.

Bins, L. S. **Técnica de Segmentação**. INPE, São José dos Campos, 1994. Comunicação pessoal.

Forster, B. C. An examination of some problems and solutions in monitoring urban areas from satellite platforms. **International Journal of Remote Sensing**. 6(1):139-151, 1985.

Jensen, J. R. Urban/suburban use and analysis. In: Cowell, R. N., ed. **Manual of Remote Sensing**. 2º ed. Falls Church, American Society of Photogrammetry, 1983, v. 2, cap. 30, p. 1571-1666.

Kurkdjian, M. L. N. O. **Aplicações de sensorimento remoto ao planejamento urbano**. São José dos Campos, INPE, 1993, 14p. (INPE-5530-PRE/1797).

Loch, C.; F. F., Kirchner. Imagem de satélite na atualização cadastral. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, RN, 11-15 out., 1988. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1988, v. 1, p. 3-6.

Moik, J. G. **Digital processing of remotely sensed images**. Washington, D.C., NASA, 1980, 330p.

Padilha, R. C. B. L. A. **Sensoriamento remoto em estudos intra-urbanos**. (Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, defendida em 21 de março de 1995.

Vieira, I. M. **Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo e análise da expansão urbana em ambientes litorâneos** (Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993, no prelo.

Welch R. Spatial resolution requirements for urban studies. **International Journal of Remote Sensing**, 3(2):139-149, Apr.-June, 1982.