MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO
AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

SENSORIAMENTO REMOTO
ESTUDOS URBANOS

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

Roberto Pereira da Cunha
Diretor Sens. Remoto

AUTOR RESPONSAVEL / RESPONSIBLE AUTHOR

Adriana Abrahão

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

- [x] INTERNA / INTERNAL
- [ ] EXTERNA / EXTERNAL
- [ ] RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

Celina Foresti

CDU/UDC

528.711.7:71

DATA / DATE

Maio 1990

PUBLICAÇÃO Nº / PUBLICATION NO

INPE-5072-PRE/1591

ORIGEM / ORIGIN

DPA

PROJETO / PROJECT

ANAMBI

Nº DE PAG. / NO OF PAGES

21

ULTIMA PAG. / LAST PAGE

17

VERSÃO / VERSION

Nº DE MAPAS / NO OF MAPS

TÍTULO/TITLE

AVALIAÇÃO DE COMPOSIÇÕES DE BANDAS TM/LANDSAT PARA O ESTUDO DO ESPAÇO URBANO: O USO DO SISTEMA SITIM-150

AUTORES/AUTHORSHIP

Adriana Abrahão
Maria de Lourdes Neves de Oliveira Kurkdjian

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

Neste trabalho realiza-se, através do emprego do sistema de processamento de imagens digitais desenvolvido pelo INPE-SITIM-150, uma avaliação de um conjunto de composições R.G.B. obtidas com as bandas TM/Landsat, para a análise da estrutura intra-urbana. O propósito é fornecer aos usuários dos dados Landsat uma orientação mais segura acerca da seleção destes produtos para o propósito de discriminação de classes de uso do solo. A composição heterogênea do espaço urbano, que agrega alvos com funções diversas, com diferentes formas e dimensões e constituída de materiais distintos, e consequentemente com respostas espectrais e espaciais complexas, dificulta a realização desta tarefa a partir de dados orbitais. As composições avaliadas são aquelas sugeridas pela bibliografia internacional, bem como aquelas indicadas pelos resultados da aplicação da técnica de seleção de atributos. Os resultados obtidos da interpretação destes produtos são comparados àqueles decorrentes da interpretação de aerofotos na escala 1:25.000, em colorido normal. É utilizada como área teste a cidade de São José dos Campos - SP.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

Trabalho apresentado no V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - out/88 Natal-RN

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the usefulness of a set of RGB compositions from TM-Landsat scenes, for intra-urban studies, using the INPE - developed Image Analysing System, SITIM-150. The complex composition of the urban space, makes class discrimination of these areas a difficult task. The compositions analysed were those obtained at the literature and by applying a technique of attribute selection. The interpretation results of these images were compared with data from colour aerial photographs at 1:25.000. The test site was the city of São José dos Campos, SP, Brazil.

SUMÁRIO

Pág.

1 INTRODUÇÃO 1

2 A ESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO INTRA-URBANO 2

3 A ÁREA DE ESTUDO 4

4 AS COMPOSIÇÕES R.G.B. AVALIADAS 6

4.1 - Composições sugeridas pela bibliografia levantada 6

4.2 - Composições sugeridas pela aplicação da técnica de seleção de atributos 7

5 RESULTADOS 9

6 CONCLUSÕES 13

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

1 INTRODUÇÃO

O espaço intra-urbano não tem sido enfaticamente estudado no Brasil através da aplicação das técnicas de sensoriamento remoto orbital. Dentre os fatores que contribuem para este fato, dois devem ser citados. Primeiro, a composição extremamente diferenciada deste espaço, constituída de alvos com funções distintas, com diferentes formas e dimensões, e formados por construções feitas com diversos materiais ou por espaços abertos, com diferentes coberturas vegetais e/ou revestimentimentos. Segundo, as resoluções espaciais dos sensores orbitais mais recentemente colocados em operação, ou seja, 30 metros para o TM/Landsat, 20 e 10 metros para o HRV/SPOT nos modos multiespectral e pancromático, respectivamente, embora representem um "avanço significativo na habilidade de aquisição repetitiva de informações com resoluções mais apropriadas ao ambiente urbano" (Foster e Jones, 1988), apresentam ainda restrições para o propósito de estudos urbanos detalhados. Isto pela ocorrência da alta proporção de "pixels" mistos que integram informações de vários objetos da cena urbana.

Conforme Erasmus et al. (1988), as feições do espaço urbano têm uma separabilidade espectral relativamente alta, mas uma complexidade textural também alta.

Sobre este sistema, quase não existem no País informações disponíveis que possam orientar a comunidade de usuários na seleção de seus produtos para o estudo das cidades brasileiras com todas as suas particularidades em termos de espaço físico e urbanístico.

Assim sendo, este trabalho desenvolveu-se tendo em vista o alcance de dois objetivos. O primeiro foi realizar uma avaliação de um conjunto de composições RGB[1], obtidas com as bandas TM/Landsat para a interpretação visual do espaço intra-urbano. O segundo objetivo deste trabalho foi mostrar que a partir das CCTs e do uso do sistema de tratamento de imagens digitais desenvolvido pelo INPE (SITIM-150) pode ser realizado um estudo preliminar rápido que oriente a seleção da melhor composição multiespectral colorida a ser interpretada visualmente num trabalho final mais detalhado.

2 A ESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO INTRA-URBANO

O espaço urbano, de um modo bastante simples, pode ser concebido como o local em que ocorrem as quatro funções básicas da cidade: o habitar, o trabalhar, o recrear e o circular.

Na maioria das cidades brasileiras estas quatro funções aparecem mescladas, sem uma separação muito rígida dos usos residencial, industrial, comercial e de serviços, e de lazer, conforme preconizado por aquelas proposições urbanísticas nascidas da escola racionalista.

O centro tradicional destas cidades é ocupado pelo comércio, serviços e lazer que convivem com residências unifamiliares mais antigas e multifamiliares mais novas.

As grandes indústrias pesadas, em geral, aparecem separadas, pois ocupam áreas mais extensas e têm localização próxima das maiores artérias de transporte. Alguns bairros residenciais têm legislação que proíbe outros usos, mas na grande maioria o que ocorre é a convivência entre residências unifamiliares e multifamiliares, serviços, comércio e indústrias leves e de pequeno porte.

---

[1] *Composições RGB são aquelas obtidas associando-se a cor vermelha (red) à primeira banda, verde (green) à segunda, e azul (blue) à terceira.*

Ruas comerciais formam-se aos poucos ao longo de artérias importantes. O uso comercial, muitas vezes, substitui outros usos existentes no passado, sem que haja alteração na forma ou dimensão das construções. Isto dificulta a sua identificação.

Mais recentemente, com o advento dos grandes "shopping centers", certas áreas de comércio começaram a destacar-se no contexto da estrutura urbana.

As áreas verdes, com gramados ou arborização, como os parques, bosques, praças e campos de esporte, em função de sua dimensão aparecem separadas dos demais elementos que compõem a estrutura da cidade.

A estrutura do espaço intra-urbano deve ser entendida sempre no contexto mais amplo da organização econômica, social e cultural vivenciada. No País, no âmbito do espaço residencial isto implica que:

- as altas taxas de crescimento populacional sem o correspondente aumento das taxas de emprego e qualificação da mão de obra que ocasionam baixos níveis de renda;
- a estrutura de distribuição desta renda de forma concentrada e com grande disparidade entre os diferentes estratos;
- a concentração social (escolaridade, profissão, níveis de consumo individual e coletivo, etc.);
- os mecanismos de manutenção de escassez de construções no mercado imobiliário e da especulação nos preços dos terrenos;

têm reflexo na sua composição que se apresenta extremamente diversificada.

Expressão concreta destes fatos tem sido:

- a deficiência na solução geral dos problemas habitacionais, das ligações viárias, dos fornecimentos de água, energia elétrica, da coleta de lixo e limpeza pública, da captação das águas plu

viais e esgotos sanitários, dos transportes coletivos e da oferta de equipamentos sociais de uso coletivo;

- a estratificação marcante no consumo dos bens habitação, infra-estrutura e serviços urbanos;

- a produção de subáreas urbanas extremamente diferenciadas, fato este reforçado pela coexistência no País de tecnologias desenvolvidas e subdesenvolvidas ao nível dos materiais empregados e dos processos construtivos;

- a formação de imensas "periferias" urbanas, com baixos padrões de consumo, que são expulsas para áreas cada vez mais distantes.

De outra forma, poderia ser dito que os bairros residenciais implantam-se em terrenos de diferentes qualidades em consequência de sua topografia, tipo de solo, umidade, presença de aterro, cobertura vegetal, entre outros aspectos. Além disso, tais bairros, de uso residencial único ou misto, constituem-se a partir de construção de casas de diferentes tamanhos, tipos, formas, idades, materiais, que ocupam lotes com diferentes tamanhos e formas, e seguindo recuos também diferenciados.

Tais aspectos do processo de estruturação do espaço intra-urbano das cidades brasileiras vêm enfatizar, em termos de sensoriamento remoto orbital, a natureza complexa das cidades.

3 A ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São José dos Campos, SP, utilizada como área teste, apresenta uma composição espacial bastante diferenciada. Suas áreas residenciais são constituídas desde setores, cujo traçado urbano foi influenciado pela concepção inglesa de cidades jardins, com grandes casas isoladas, baixa densidade, extensas áreas verdes e de localização privilegiada na trama urbana, até os bairros periféricos, manifestação concreta das condições sociais das populações mais pobres.

Segundo Oliveira e Barros (1982), nos primeiros setores de uso unicamente residencial, os lotes são de cerca de 450m² de área, sendo comum as residências ocuparem dois lotes; as casas têm da ordem de 300m² de construção, e são novas, isoladas, térreas ou assobradadas, com jardins e quintais bem conservados. Nestes setores, as vias de acesso são asfaltadas, com passeios arborizados, e a topografia em geral é plana.

Ainda conforme Oliveira e Barros (1982), do outro extremo de uma escala que representa a qualidade do ambiente residencial, estariam os setores periféricos e as favelas. Nos setores periféricos os lotes são sem tratamento e de cerca de 200m²; as construções têm cerca de 40m² e são de fundos, geminadas, sem recuo de frente; nesses setores encontram-se mais de uma casa por lote; o sistema viário local é geralmente em terra, sem passeio ou arborização. Nas favelas são mais comuns os barracos com área entre 16 e 24m².

As coberturas dessas construções, elemento importante para o Sensoriamento Remoto, variam também indo do concreto, asfalto, alumínio, ao barro e a madeira.

Oliveira Kurkdjian (1987) descreve São José dos Campos como um intrincado mosaico urbano e aponta que o centro da cidade é constituído de bancos, lojas, escolas, depósitos e outras edificações grandes, que se mesclam a pequenas construções residenciais e comerciais mais antigas e a alguns edifícios residenciais ou de escritórios. Aponta ainda a existência de alguns setores situados entre as áreas de grandes residências e o centro da cidade, que passam por um processo de substituição de casas unifamiliares por prédios de apartamentos. Relata ainda a ocorrência, na trama urbana, de numerosos setores planejados, mais homogêneos, por suas casas planejadas e distribuição regular do terreno. Completam o quadro urbano as suas grandes indústrias, alguns centros comerciais de bairros, corredores comerciais, setor de pequenas indústrias, além de extensas áreas de uso misto com predominância residencial.

4 - AS COMPOSIÇÕES R.G.B. AVALIADAS

As composições R.G.B. obtidas com dados TM/Landsat e avaliadas, tendo em vista sua utilização para a análise do espaço intra-urbano, foram aquelas sugeridas pela bibliografia nacional e internacional, bem como aquelas indicadas pelos resultados da aplicação da técnica de seleção de atributos.

A banda 6 do TM, pela sua baixa resolução espacial, foi excluída do estudo.

4.1 - COMPOSIÇÕES SUGERIDAS PELA BIBLIOGRAFIA LEVANTADA

Convencionalmente, duas composições TM multiespectrais coloridas são sugeridas numa revisão bibliográfica para estudos urbanos:

- A primeira, é a composição R.G.B. colorida normal TM 3, 2, 1, obtida na região 0,45 - 0,69Mm. Nesta composição a cena é mostrada em tons e matizes que se aproximam daqueles com os quais o olho humano vê o mundo real. Esta característica a torna apropriada, sobretudo, para os fotointérpretes menos experientes.

- A segunda, é a composição R.G.B. infravermelho falsa cor, TM 4, 3, 2, obtida na região 0,52 - 0,90Mn. Nela, a cena é mostrada em cores falsas e,por isso, deve ser interpretada cuidadosamente. Os fotointérpretes mais experientes costumam usá-la com grande eficiência.

Foresti (1986), após uma análise prévia dos canais mais adequados do TM para o mapeamento da cobertura vegetal e uso urbano da terra, utilizou na área metropolitana de São Paulo a composição colorida TM 4, 7, 2. Para análise detalhada do setor oeste desta região metropolitana, utilizou,após testar "várias composições coloridas com diversas combinações de bandas espectrais",a composição R.G.M. TM 4, 3, 5.

Nascimento e Thibaut (1986), em um estudo do espaço urbano na região D'Ile de France, sugere o uso da composição R.G.B. TM7, 4, 3, além da composição TM 1, 4, 6 que deixará de ser avaliada, uma vez que a banda 6 foi excluída deste trabalho.

Armand e Hernandez (1986) citam as composições TM 5, 3, 1 e TM 4, 2, 1, com as bandas associadas respectivamente às cores vermelho, verde e azul, como "as mais interessantes para observar o espaço urbano".

4.2 - COMPOSIÇÕES SUGERIDAS PELA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

A técnica de seleção de atributos em processamento de imagens tem como propósito "dado um conjunto de N canais, encontrar o melhor subconjunto de K canais a serem utilizados para a classificação..." (ENGESPAÇO, s.d.).

Um dos métodos aproximados para o alcance deste propósito tem sido aquele que emprega a distância JM. Neste caso, tem-se que "se a distância entre duas classes de alvos for maior para um conjunto de canais A do que para um conjunto B, então o limiar inferior e/ou superior para a probabilidade de erro obtida para o conjunto A é menor do que para o conjunto B" (ENGESPAÇO s.d.).

Neste trabalho a distância JM foi empregada com o propósito de selecionar entre 6 bandas TM/Landsat os melhores subconjuntos de três a serem utilizadas na geração da composição multiespectral colorida. Melhor, neste caso, seria aquele subconjunto de bandas que permitiria uma maior discriminação dos alvos urbanos de interesse, uma vez que o propósito final é a análise da estrutura interna da cidade.

De modo geral, o processo de seleção de atributos envolve a escolha das classes a serem mapeadas, das áreas de treinamento representativas de cada classe, das bandas TM sobre as quais será calculada a distância JM(N), do número de bandas que formarão a combinação final

(grau de combinação (K); bem como a geração das diferentes combinações de K bandas, para as quais são calculadas as separabilidades estatísticas, a partir do que são indicadas, em ordem decrescente, as três melhores combinações.

No caso do trabalho presente, foram utilizadas as seguintes classes do uso do solo urbano:

- *Urbana de uso misto:* em que ocorre mistura de usos que não podem ser separados na escala mapeada com a resolução do sistema sensor em questão. Incluem-se os usos comercial, residencial, negócios e serviços, industrial de pequeno porte e, ocasionalmente, outros. Esta classe contém tanto construções térreas como edifícios que se mesclam no espaço urbano constituindo o setor mais denso da cidade.

- *Residencial I:* basicamente constituída de residências unifamiliares, de baixa altura (um ou dois pavimentos), em áreas densamente ocupadas (lotes e construções pequenas).

- *Residencial II:* composta principalmente por grandes residências unifamiliares de baixa altura, em setores de densidade baixa, devido às dimensões grandes dos lotes e à presença de jardins e quintais.

- *Industrial:* Nesta classe estão incluídas as indústrias de grande porte da cidade. Envolve desde as indústrias leves até as pesadas (refinaria de petróleo).

- *Parques, bosques e praças:* esta classe é constituída das grandes áreas verdes no interior da trama urbana, com vegetação arbórea densa.

- *Sistema viário:* esta classe é constituída do sistema viário principal da cidade, cujo revestimento das pistas de rolamento são em asfalto.

- *Terraplenagem:* constituída daquelas áreas com solo exposto, preparadas para a futura expansão urbana.

Estas classes foram escolhidas por sua representatividade na estrutura urbana local, mas também porque eram as mais compatíveis com os produtos TM.

Com base nas áreas de treinamento cuidadosmente selecionadas para representar cada classe, foi aplicado o programa "seleção de atributos" que indicou o seguinte conjunto de bandas como os melhoeres: 1, 4, 5; 2, 4, 7; 3, 4, 7. Tal resultado é coerente com as sugestões de alguns autores de utilizar-se uma banda do visível, uma banda do infravermelho próximo e uma do infravermelho médio (Sheffield, 1985).

Neste caso, em que foram utilizadas apenas seis bandas TM, seriam possíveis 20 conjuntos diferentes de três destas bandas que associadas diferentemente às cores R.G.B. gerariam 120 componentes multiespectrais coloridas.

Como cada conjunto de três bandas sugerida pela técnica de seleção de atributos podem ser combinadas de seis maneiras diferentes às cores R.G.B., houve necessidade de uma avaliação preliminar das 18 composições coloridas multiespectrais para selecionar aquelas que seriam avaliadas com mais detalhes em uma etapa futura. Para isto, foram utilizadas as facilidades do sistema SITIM-150 que, de modo rápido, permite visualizar na tela da UVI a composição R.G.B. desejada. De um exame rápido destas composições foram escolhidas duas para avaliação final mais detalhada: foram as composições multiespectrais coloridas TM 4, 5, 1, e TM 4, 7, 3. A composição TM 4, 7, 2, que também deveria ser selecionada, já havia sido escolhida anteriormente no levantamento bibliográfico.

5 RESULTADOS

As 7 composições multiespectrais coloridas sugeridas pela literatura e as duas composições indicadas pela técnica de seleção de atributos foram visualizados na tela do sistema SITIM-150, usando-se as fitas CCTs de 7/11/85 da área teste - área urbana de São José dos Campos - que foi ampliada na escala 1:50.000.

As nove composições foram analisadas e comparadas com aerofotos na escala 1:25.000,em colorido normal, do mesmo ano.

A principal qualidade da composição TM 321 é, conforme já assinalada anteriormente, ser facilmente analisada por fotointérpretes menos experientes. Através desta composição é possível discriminar a mancha urbana de seu entorno com cobertura vegetal (em tons de verde); certos tipos de solo exposto aparecem numa coloração típica (terra) que facilita a sua identificação nesta imagem. Algumas indústrias grandes, pela alta reflectância de seus telhados nas 3 bandas do visível, aparecem em tons bem claros de cinza (branco) nesta composição. Porém, esta também é a resposta de algumas áreas de solo exposto. Nestes casos, a forma e dimensão dos alvos são utilizados para separá-los por classe.As vegetações intra-urbana e do entorno urbano confundem-se com corpos d'água, ambas mostradas em diversas tonalidades de verde. Apenas a forma e dimensão de alguns alvos, por exemplo do rio, permitem a sua identificação. O sistema viário não se destaca no contexto da mancha urbana. O centro urbano, as classes residencial I e II são dificilmente identificados.

A composição TM 4, 3, 2,que tem sido utilizada com eficiência pelos fotointérpretes experientes para diversos propósitos, mostra as áreas com vegetação em vermelho em contraste com a mancha urbana em tons cinza-azulados. Este contraste de cores permite delimitar a mancha da cidade, bem como identificar as áreas com vegetação no seu interior (parques, praças e gramados). A classe residencial II,composta por grandes residências em grandes lotes ajardinados, pode ser identificada pela sua textura (formada pela organização espacial de pequenos elementos vermelhos e cinza-azulados). A rede viária intra-urbana não é discriminada com clareza nesta composição,e uma consequência são os limites entre as áreas da classe residencial II e áreas vizinhas não aparecerem de modo preciso. Nesta composição as respostas espectrais das áreas de solo exposto confundem-se mais que na composição anteriormente analisada com áreas de indústrias. Além disso,confundem-se também com áreas residenciais construídas. O centro urbano (classe urbana de uso misto) e a classe residencial I também não são separados com clareza.

A composição TM 4, 7, 2 é visivelmente semelhante à composição TM 4, 3, 2. Assim, esta composição discrimina bem a mancha urbana de seu entorno, bem como parques, bosques e praças no interior da trama da cidade. Nesta composição o sistema viário intra-urbano aparece ligeiramente melhor que na composição anteriormente analisada. Esta imagem é semelhante à anterior também para a identificação das classes residenciais I e II, do centro urbano, das áreas industriais e terraplenadas. Nesta composição os corpos d'água que se encontram no entorno da cidade discriminam-se nitidamente da mancha urbana pela diferença da cor com que são mostrados. Na composição TM 4, 3, 2, anteriormente analisada, a mancha urbana e os corpos d'água com sedimentos têm cor mais próxima.

A composição RGB TM 4, 3, 5 discrimina os alvos urbanos de interesse de modo mais ou menos idêntico à composição TM 4, 3, 2, ou seja, separa a mancha urbana (cinza esverdeado) de seu entorno (vermelho), as áreas de parques, praças e gramados no interior da trama urbana; permite perceber quais são as áreas residenciais do tipo II sem mostrar precisamente seus limites; não realça a rede viária; não separa o centro urbano da classe residencial I; mistura algumas áreas de solo exposto com coberturas industriais e algumas áreas de solo exposto com partes da mancha urbana.

A composição RGB TM 7, 4, 3 não se mostrou adequada para a interpretação da estrutura intra-urbana. A classe residencial II, que outras composições anteriormente analisadas identificam, é dificilmente discriminada. As áreas com cobertura vegetal densa, no interior da trama urbana, também discriminadas nas composições que associam a cor vermelha ao canal 4, aparecem em tons escuros de cinza, confundindo-se com corpos d'água. Além disso, as demais classes residenciais não discriminadas em outras composições analisadas também não são realçadas nesta; o sistema viário aparece como na composição TM 4, 7, 2; as áreas industriais são ligeiramente melhor discriminadas das áreas de solo exposto nesta composição que nas demais já analisadas.

A composição TM 5, 3, 1 não se mostrou adequada para separar as classes de uso do solo urbano analisadas. A cobertura vegetal nesta composição colorida aparece em tons escuros de cinza. Com isso, os parques, bosques e gramados homogêneos extensos, no interior da cidade, confundem-se com corpos d'água. Nas áreas residenciais do tipo I, a presença de quintais e jardins arborizados dá ao conjunto uma textura grossa e escura, o que faz com que esta classe confunda-se com as áreas centrais de cidade, mais densas e sombreadas. O sistema viário como nas demais composições até aqui analisadas também não aparece realçado. Algumas áreas de solo exposto aparecem em tons esverdeados (alta reflectância na banda 3),discriminando-se de outras áreas de solo exposto e de indústrias, que por sua alta reflectância das três bandas aparecem em tons claro de cinza. Neste aspecto, seu desempenho é semelhante ao da composição TM 3, 2 , 1.

A composição TM 4, 2, 1 não é adequada para o fim em questão. As classes urbanas de uso misto (centro da cidade), residencial I e residencial II, praticamente não se discriminam nesta composição. O sistema viário não aparece; a vegetação intra-urbana mais densa não é realçada pela cor; as áreas industriais e de solo exposto aparecem em tons mais claros de cinza azulado, não sendo portanto separadas facilmente do restante da mancha urbana.

A composição TM 4, 5, 1, conforme os resultados conseguidos para São José dos Campos, parece a mais indicada para o estudo da estrutura interna da cidade. O sistema viário é um fator importante para a interpretação da mancha urbana, e esta composição realça, como nenhuma outra analisada,este subsistema urbano. As vias principais da cidade são claramente visíveis nesta composição. A classe urbana de uso misto, que corresponde ao setor mais denso da cidade, é destacada nesta imagem, que diferencia também a classe residencial II, de modo melhor que as composições anteriormente analisadas. As ligações viárias que limitam as áreas com estes diferentes usos têm uma definição geométrica (linear) melhor nesta composição. A vegetação presente nas propriedades localizadas nas áreas de uso residencial II é identificada nesta composição, assim como as áreas de parques, bosques e gramados homogêneos que aparecem em vermelho.

As classes industrial e terraplenada separam-se das demais analisadas, porém, para discriminar entre estas duas classes, a qualidade da composição TM 4, 5, 1 é a mesma que a das imagens TM 4, 3, 2 ou TM 4, 7, 2, por exemplo.

A composição multiespectral colorida TM 4, 7, 3 comporta-se de forma bastante semelhante à composição TM 4, 7, 2 para o propósito em questão, portanto, seria desnecessário descrevê-la.

6 CONCLUSÕES

Algumas conclusões deste trabalho são levantadas a seguir e poderão ser úteis para orientar esforços posteriores em direção à avaliações das composições coloridas com as bandas TM/Landsat. São elas:

1 - Existem algumas composições multiespctrais coloridas mais adequadas para estudar o espaço intra-urbano, outras menos.

2 - As composições coloridas podem ser ordenadas segundo sua propriedade para o fim em questão, mas nenhuma é destacadamente melhor para discriminar todas as classes de uso urbano.

3 - Os resultados da aplicação da técnica de seleção de atributos também confirmam este fato. As composições que maximizaram a distância JM média foram ordenadas segundo valores extraordinariamente próximos.

4 - A combinação de bandas indicada pela técnica de seleção de atributo, concebida para a interpretação automática de dados, mostrou-se também neste caso, de modo inesperado, ligeiramente melhor para a interpretação visual. O inesperado deve-se ao fato de a técnica de seleção de atributos levar em conta apenas aspectos espectrais dos alvos, enquanto a interpretação visual considera aspectos espectrais e especiais.

5 - O trabalho mostrou que duas "práticas" do sensoriamento remoto, frequentemente adotadas, nem sempre têm razão de ser:
a) o uso da composição TM 4, 3, 2;
b) o não uso da banda 1.

6 - Embora a interferência atmosférica seja mais intensa na banda 1, existem condições atmosféricas de aquisição que não comprometem seu uso. Neste caso ela pode ser uma boa opção.

7 - No processo de associação de cores às bandas, a inversão de cores a um mesmo conjunto de bandas pode aumentar ou diminuir a interpretabilidade visual dos dados. Por exemplo, a composição RGB TM 4, 5, 1 mostrou-se boa para o fim em questão; a composição TM 4, 1, 5 mostrou-se "menos boa"; e a composição TM 5, 1, 4 mostrou-se ruim.

8 - A composição TM 4, 5, 1 foi considerada a melhor dentre as nove avaliadas para a análise da estrutura interna de São José dos Campos (passagem 7/11/85).

9 - Esta mesma composição TM 4, 5, 1 foi visualizada na tela do SITIM-150 para São José dos Campos, utilizando a passagem de 06/08/86, e para São Paulo utilizando a passagem de 16/06/85. Foi considerada igualmente boa nestes casos.

10 - Uma nova composição TM 4, 5, 3 (obtida substituindo a banda 1 da melhor composição, por outra banda do visível) foi avaliada e considerada também adequada para o propósito em questão. Esta seria uma opção à outra, principalmente em casos de grande interferência atmosférica na banda 1.

11 - O Sistema SITIM-150 mostrou-se eficiente para propiciar uma avaliação rápida de composições multiespectrais coloridas, tendo em vista a sua seleção para propósitos específicos. A visualização das composições e/ou a mudança na associação de cores aos canais é rápida. O programa seleção de atributos também é rápido, apenas dispende-se um maior tempo na seleção das amostras de treinamento - dado de entrada para a seleção.

Estas conclusões conduzem a uma afirmativa mais geral de que em localidades específicas, com características no meio físico e urbanísticas próprias, poderá ocorrer que outras composições se mostrem mais apropriadas que a aqui apontada para o estudo da estrutura intra-urbana de São José dos Campos. Poderá ocorrer também que a composição indicada pela técnica de seleção de atributos não seja a melhor para a interpretação visual. Estudos futuros esclarecerão aspectos ligados à generalização destes resultados. Recomenda-se que novos estudos sejam realizados para outras localidades e que nestes casos sejam adotados procedimentos de avaliação mais próximos de pesquisa experimental, incluindo-se aí a utilização de diferentes avaliadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Armand, M.; Hernandez, M. Vers une identification automatique des tissus urbains. In: International Society for Photogrammetry. Congress, 16., Kyoto, 1988. Commission 7. International Archives of Photogrammetry. Kyoto, 1-5 Sept. 1986, p. 73-85.

ENGESPAÇO. Sitim-150: manual do usuário. São José dos Campos, s.d.

Erasmus, P.F.; Fourie, C.; Malan, O.G.; Scheepers. Generation of objective urban land use maps of the Johannesburg area by semi-supervised spectral and special choropleth classifications of SPOT and LANDSAT/TM data. In: International Society for Photogrammetry. Congress, 16., Kyoto, 1988. Commission 7. International Archives of Photogrammetry. Kyoto, 1SP, 1988, v.27, Part B7, p. 168-174.

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 em Geografia Física, USP, São Paulo, 1986. 173 p.

Forster, B.C.; Jones, C. Urban density monitoring using high resolution spaceborne systems. In: International Society for Photogrammetry. Congress, 16., Kyoto, 1988. Commission 7. International Archives of Photogrammetry. Kyoto, 1-10 jul 1988. V27, B7, VII, 189-195.

Nascimento, I.; Thibaut, C. Apports du satellite Landsat 5 (thematic mapper) a la connaissance de l'espace urbain. Paris, Institut d'Amenagement et d'Urbanisme de la region D'Ile de France, juin 1986.

Oliveira, M.L.N. de; Barros, M.S.S. de. Sensoriamento remoto e planejamento urbano: a identificação de setores residenciais prioritários para a localização de equipamentos de uso coletivo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 21, Brasília, 10-14 maio 1982. Anais. São José dos Campos, INPE, 1982. p. 869-878.

Oliveira Kurkdjian, M.L.N. Um método para a identificação e análise de setores residenciais urbanos homogêneos, através de dados de sensoriamento remoto, com vistas ao planejamento urbano. Tese de doutorado em Planejamento Urbano, USP/FAU, São Paulo, 1987. 158 p.

Sheffield, C. Selecting band combinations from multiespectral data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 51(6):681-687, June 1985.