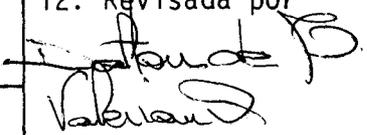
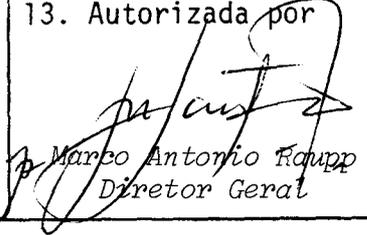
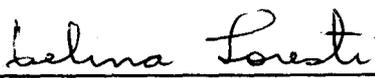


1. Publicação nº <i>INPE-4177-PRE/1071</i>	2. Versão	3. Data <i>Maio, 1987</i>	5. Distribuição <input checked="" type="checkbox"/> Interna <input type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DPA</i>	Programa <i>ANÁLISE AMBIENTAL</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ÍNDICE DE VEGETAÇÃO      ÁREA URBANA</i> <i>IMAGEM TM                      QUALIDADE AMBIENTAL</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:631.963(816.11)</i>			
8. Título <i>INPE 4177-PRE/1071</i>		10. Páginas: <i>24</i>	
UTILIZAÇÃO DE ÍNDICES VEGETATIVOS OBTIDOS COM DADOS DO SISTEMA TM-LANDSAT NO ESTUDO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA: CIDADE DE SÃO PAULO		11. Última página: <i>18</i>	
		12. Revisada por  <i>Dalton M. Valeriano</i>	
		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Rompp</i> Diretor Geral	
9. Autoria <i>Celina Foresti</i> <i>Marisa Dantas Bitencourt Pereira</i>			
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas  <i>Resultados de diversos trabalhos de pesquisa têm demonstrado uma forte relação entre as respostas espectrais da vegetação, nas regiões do vermelho e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético, e a biomassa vegetal medida no campo. As áreas urbanas constituem um complexo de alvos, de proporções variadas, tais como: concreto, pavimento, edificações, vegetação, etc. A vegetação é um indicador da qualidade de vida das áreas urbanas. A repetitividade dos dados coletados por satélite possibilita observar e quantificar o verde de áreas urbanas através de indicadores de quantidade de vegetação ou índices vegetativos (I.V.). Este trabalho visa mostrar a validade de utilizar IVs calculados com dados obtidos através do Sistema TM-LANDSAT. Com o auxílio de fotografias aéreas infravermelhas em falsa cor e da imagem índice gerada por algoritmo apropriado, foi possível estabelecer oito intervalos de classes IVs, em áreas que variam desde aquelas totalmente sem vegetação até parques bastante arborizados.</i>			
15. Observações <i>Este trabalho de pesquisa foi apresentado no Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, realizado no período de 10-15 de agosto de 1986 em Gramado, RS.</i>			



### ABSTRACT

*Previous recherches have demonstrated a strong relationship between the spectral response of the vegetation in the red and near infrared regions of the electromagnetic spectrum and green biomass measured in the field. Urban areas are composed by a complex of targets, with varied proportions as: concret, pavimentation, buildings, vegetation, etc. The vegetation is an indicator of urban areas life quality. The repetitivity of satellite data enables to observe and quantify the urban green areas through indicators of the amount of green or vegetation indices (V.I.). This work aims to show the usefulness of the V.I. calculated by TM-LANDSAT data. Helped by infrared false-color aerophotografies and an index image obtained with an appropriated algorithm it was possible to stablish light V.I.'s intervals located in areas which vary from no vegetation until well arborized parks.*



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS .....	v
1 - <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2 - <u>COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS ALVOS MAIS COMUNS EM ÁREA URBANA</u> .	2
3 - <u>ÍNDICE VEGETATIVO</u> .....	5
4 - <u>IMAGENS LANDSAT</u> .....	8
5 - <u>LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</u> .....	9
6 - <u>ANÁLISE DIGITAL</u> .....	9
7 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....	12
8 - <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u> .....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Curvas espectrais de alguns alvos urbanos .....	3
2 - Comportamento espectral de alvos urbanos .....	4
3 - Localização da área teste no município de São Paulo em imagem TM-7 LANDSAT .....	10
4 - Classes de índices vegetativos da área central de São Pau lo .....	13



## 1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento da ocupação do solo e de suas tendências, a identificação da organização espacial e da qualidade e quantidade da vegetação constituem as bases indispensáveis de toda a política de monitoramento e tomada de decisões para o melhoramento do ambiente das regiões intensamente urbanizadas.

A vegetação tem um papel de destaque nos centros urbanizados no que diz respeito à qualidade ambiental. As áreas urbanizadas definem-se por uma organização espacial muito complexa, constituída de alvos distintos (concreto, pavimento, solo nu, edificações com diferentes tipos de cobertura, vegetação, áreas livres etc), em diferentes proporções a medida que esses espaços respondem por funções que são definidas em termos de sua ocupação. Assim, têm-se, no ambiente urbano, áreas industriais, residenciais, institucionais, recreativas, comerciais, com diferentes níveis de densidades de áreas construídas que são responsáveis pela estruturação do espaço urbano.

Atualmente é consenso a importância que a vegetação desempenha nas áreas urbanizadas e a necessidade do levantamento e monitoramento dos espaços verdes que interessam diretamente aos planejadores, a medida que, através da quantidade de vegetação, pode-se avaliar a qualidade de vida das áreas urbanizadas.

A cidade de São Paulo, conforme dados atualizados de sua prefeitura, conta com aproximadamente 10 milhões de habitantes e apenas 60 km<sup>2</sup> de áreas verdes, incluindo parques, jardins, praças principais, canteiros e parques estaduais dentro da cidade.

A prefeitura de São Paulo tem-se mostrado preocupada com este baixo índice de área verde por habitante que, por recomendação da Organização Mundial de Saúde, deveria ser no mínimo de 12 m<sup>2</sup> por habitante.

As informações disponíveis sobre ocupação do solo e cobertura vegetal de áreas urbanas são relativamente raras e imprecisas, pois as técnicas convencionais de levantamento no terreno bem como, a utilização de fotografias aéreas, tornam-se onerosas a medida que há uma necessidade contínua de atualização da informação. Não se dispunha de um método que permitisse periodicamente uma avaliação quantitativa da vegetação existente na zona urbana até que se começou a testar o uso de dados espectrais obtidos por satélites para essa finalidade.

A repetitividade dos dados coletados por satélites possibilita observar e quantificar a vegetação das áreas urbanas através de indicadores de quantidade de vegetação ou índices vegetativos.

Neste trabalho pretende-se avaliar a utilização dos índices vegetativos na cidade de São Paulo, visando um método simplificado que permita monitorar a vegetação de áreas urbanas, indispensáveis na avaliação da qualidade ambiental urbana.

Para a obtenção desses índices vegetativos foram utilizados dados do sistema TM-LANDSAT, analisados digitalmente no Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais, com auxílio de algoritmos disponíveis, gerando um mapa de índices vegetativos que mostra a distribuição da vegetação.

## 2 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DOS ALVOS MAIS COMUNS EM ÁREA URBANA

Ao entrar em contacto com o alvo a radiação eletromagnética pode ser absorvida, transmitida e refletida. A informação espectral que se obtém desta interação é chamada assinatura espectral.

Os alvos urbanos são constituídos de concreto novo e velho, pavimentos, telhados de diferentes materiais, solo exposto, vegetação de diferentes densidades, etc. Segundo Jensen (1983), a assinatura espectral destes alvos não é sempre constante, depende da distribuição do fluxo da radiação incidente sobre eles, das relações entre radiação e ângulo de observação do sistema sensor, dos efeitos atmosféricos e das

propriedades físicas de cada material que compõe cada alvo. Usando um espectrorradiômetro, esse autor elaborou curvas espectrais (Figura 1) para alguns alvos encontrados em áreas urbanas tais como: grama, concreto, solo areno-argiloso, cascalho, campo preparado, água e asfalto. Com exceção da grama e da água, os demais alvos apresentam um comportamento espectral próximo da linearidade positiva crescente. Esta similaridade dificulta a discriminação correta dos alvos urbanos principalmente quando vistos por satélite.

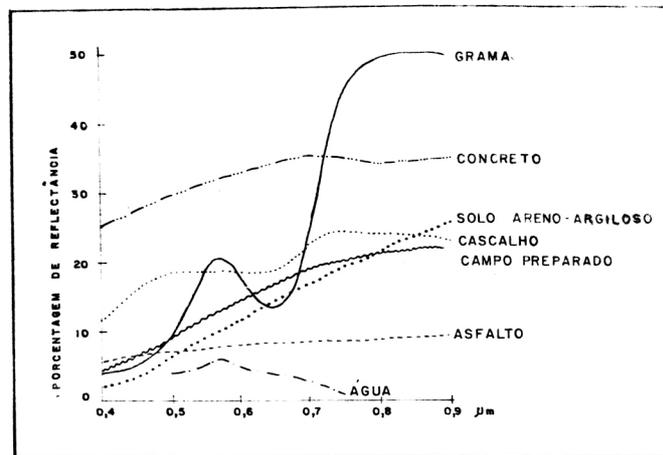


Fig. 1 - Curvas espectrais de alguns alvos urbanos.

FONTE: Jensen (1983).

Niero e Foresti (1983) estudaram a separabilidade espectral de classes de uso do solo urbano na Área Metropolitana de São Paulo, através da análise automática de dados MSS-LANDSAT. Foram obtidas 8 classes de uso do solo urbano: centro/ocupação vertical, residencial, mista, indústria, terraplenagem 1, terraplenagem 2, vegetação densa e vegetação esparsa. A análise espectral das amostras representativas das classes de uso do solo urbano mostrou que houve maior separabilidade espectral para as classes centro/ocupação vertical, residencial e terraplenagem 2, como pode ser observado na Figura 2.

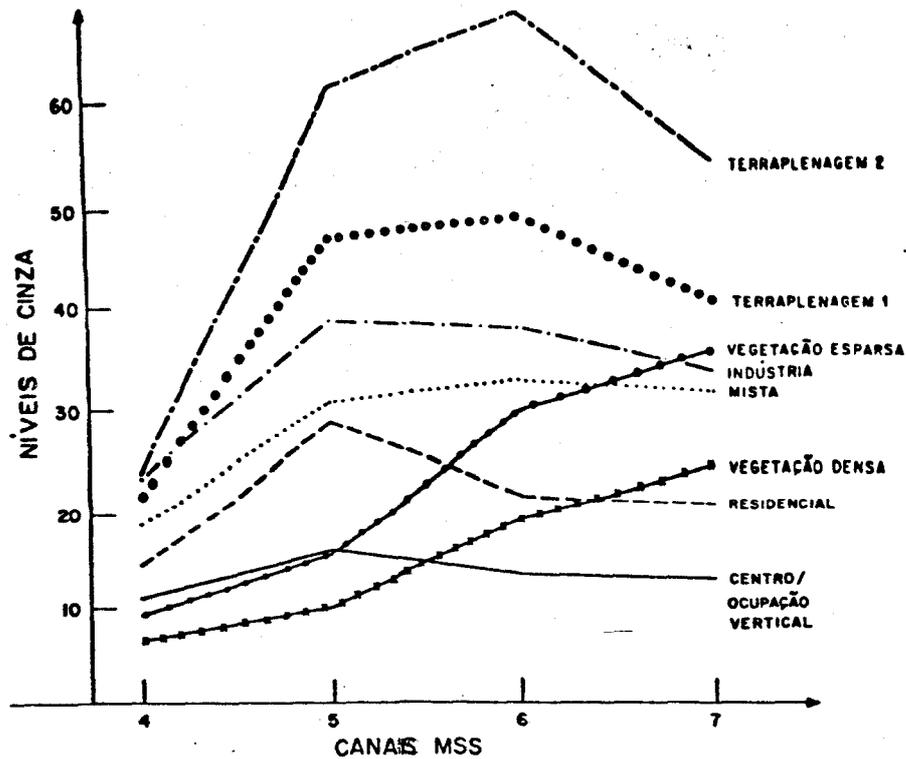


Fig. 2 - Comportamento espectral de alvos urbanos.

FONTE: Niero e Foresti (1983).

A dificuldade na separabilidade das outras classes de uso do solo urbano ocorre pela própria natureza heterogênea dos alvos analisados. Determinados usos do solo urbano, embora sejam funcionalmente bem identificados como classe industrial, comercial, residencial, etc, espectralmente apresentam uma resposta média, de um conjunto de alvos semelhantes.

Quando o alvo é vegetação, a clorofila presente nas folhas verdes é responsável por uma forte radiação incidente na faixa do vermelho (0,63 - 0,68  $\mu\text{m}$ ). Na porção referente ao infravermelho próximo (0,69 - 1,10  $\mu\text{m}$ ) o que ocorre é exatamente o inverso: é fraca a absorção e forte a reflectância como resultado dos diferentes índices de refração do líquido intracelular (1,33) e dos espaços intercelulares (1,0) do mesófilo (Gausman, 1974). Deste modo, quanto mais vegetação

verde, tanto mais energia é refletida nesta faixa do espectro. Dada esta peculiaridade de comportamento espectral da vegetação, desde a década de 60 estuda-se a relação da fitomassa (biomassa foliar) e sua resposta espectral.

### 3 - ÍNDICE VEGETATIVO

Os índices vegetativos (IVs) são modelos numéricos que visam indicar a densidade de vegetação através de razões e combinações, lineares ou não, das respostas espectrais do alvo nas regiões do vermelho e do infravermelho próximo. Visando estimar melhor a fitomassa por este método, vários pesquisadores propuseram ao longo destes anos diferentes índices vegetativos. Alguns são indicados como mais eficientes que outros, mas são pouco práticos e, por isso, ainda não foram devidamente testados, não se podendo, portanto, fazer qualquer alusão a eles. Entretanto, um índice que vem sendo apontado como o que melhor estima e que é simultaneamente o mais simplificado é o proposto por Rouse et alii (1973), o TVI (Transformation Vegetation Index), conhecido por IVT (Índice Vegetativo Transformado), que, além de estimar a fitomassa com bastante precisão, tem sido mencionado como um índice que atenua os efeitos atmosféricos quando os dados de sensoriamento remoto são orbitais.

Rudorff (1985), estudando a produtividade de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, Brasil, observou que o índice vegetativo que melhor estimou a fitomassa foi o IVT. Do mesmo modo, Pereira (1986), estudando a correlação de fitomassa de campo cerrado do Distrito Federal, encontrou excelentes resultados com o IVT. Estas experiências demonstram que este índice já se encontra testado para as condições tropicais e por isso já pode ser considerado um método de obtenção de valores de densidade de vegetação não só para agricultura e florestas nativas, mas também para áreas urbanas.

Howart e Boasson (1983), usando dados do MSS-LANDSAT, compararam as classificações digitais de duas datas para observar com precisão as limitações de estudos de mudanças nos ambientes urbanos de

Hamilton, Ontário, e verificaram que o uso do IVT melhora muito a classificação digital. Segundo esses autores, esse índice mostrou-se excelente para identificar mudanças de áreas de vegetação para não vegetadas e vice-versa, ao mesmo tempo que fornece uma definição clara dos limites urbanos e suas principais vias de acesso.

No que diz respeito à utilização de índices vegetativos para classificação de áreas urbanas, citam-se a seguir alguns trabalhos já realizados.

Lenco et alii (1982) estudaram a Região de Ile-de-France com imagens MSS de 1973 e de 1979 para avaliar as alterações na ocupação do espaço ocorridas no período e para identificar a distribuição e qualidade da vegetação tanto no meio urbano como agrícola através do índice de vegetação. Utilizaram para o cálculo do índice de vegetação  $IV = \frac{MSS7 - MSS5}{MSS7 + MSS5} \times 300$ . Coletaram dados de campos selecionados em áreas testes de 20 a 30 "pixels" cada uma, convenientemente distribuídas pelos diferentes tipos de ocupação do solo e de biomassa vegetal. Utilizaram ainda fotografias aéreas na escala de 1:20.000 como apoio à seleção das áreas testes. Os resultados evidenciaram, para os dados MSS-LANDSAT de 1979, as seguintes classes urbanas, segundo os índices de vegetação: 0 a 5 (urbanização densa); 5 a 20 (solo exposto); 60 a 70 (urbanização com densidade média); 90 a 120 (urbanização de baixa densidade); 110 a 120 (cemitério); 120 a 160 (parques urbanos com vegetação que variam de pouco a muito densa). Os autores concluíram que o índice de vegetação permite identificar os espaços verdes e a vegetação no meio urbanizado, como também avaliar sua qualidade. Ele constitui um indicador do ambiente, útil aos planejadores e urbanistas. Ainda, fornece informações a respeito das áreas deficientes em vegetação e facilidades para localização dos espaços verdes susceptíveis de servir de pontos de apoio para um anel verde em torno de Paris. Permite ainda melhorar a classificação do tecido urbano segundo a importância da relação área construída/vegetação.

Delavigne et alii (1982) realizaram um estudo detalhado para testar possibilidades oferecidas pelo Índice de vegetação para o estudo do meio vegetal na Região de Ile-de-France, a partir de resultados já obtidos nos Estados Unidos, com dados MSS-LANDSAT. Antes deste trabalho ainda não havia qualquer experiência na França com o Índice vegetativo embora já se mostrasse operacional nos Estados Unidos.

O trabalho de Delavigne et alii (1982) foi desenvolvido com a participação do "IAURIF" com a "Delegation à la Qualité de la Vie", com o objetivo de obter algumas respostas, tais como: O Índice de vegetação por suas propriedades constituirá um meio de identificação e distribuição espacial de certas categorias de cobertura vegetal? Permitirá caracterizar de maneira precisa a qualidade da vegetação tanto no meio urbano onde ela é descontínua, como no meio rural onde é abundante? Pode-se associar ao Índice de vegetação a noção de indicador do ambiente? Os resultados obtidos para a cidade de Paris foram: 10,3% apresentam IV acima de 120 e correspondem aos bosques de Boulogne e de Vincennes; 14,1% com IV de 80 a 120 correspondem à maioria dos parques urbanos e IV entre 40 e 80, às áreas com baixa densidade de vegetação, entremeadas de edificações; 7,8% com IV de 20 a 40, áreas com vegetação quase inexistente e 67,7% com IV de 0 a 20 que correspondem a áreas onde não há vegetação.

Delavigne e Thibault (1984) analisaram a utilização do Índice vegetativo a partir da razão normalizada  $IV = \frac{MSS7 - MSS5}{MSS7 + MSS5} \times K$ , na Região de Ile-de-France (Bacia de Paris). Usaram duas fases, uma preparatória para áreas de treinamento em imagens em falsa cor para supervisionar as classes de Índices vegetativos, e uma posterior, que correspondeu à classificação automática supervisionada "pixel a pixel" em toda a área de interesse. Os resultados indicaram ser o Índice de vegetação um indicador global do ambiente, o qual permite a avaliação indireta da densidade vegetal nas áreas edificadas, como também a estimativa da arborização em relação à área construída. Segundo os autores, o Índice vegetativo como instrumento a ser utilizado no planejamento urbano teria algumas aplicações, tais como definição das

áreas deficientes em espaços verdes, avaliação da qualidade de vida no meio urbano e contribuição na definição do ecossistema urbano.

No Brasil, não se tem conhecimento de trabalhos de pesquisa que tenham utilizado índices vegetativos através de dados MSS ou TM-LANDSAT, na avaliação da distribuição da vegetação em áreas urbanas.

#### 4 - IMAGENS LANDSAT

O quinto satélite da geração LANDSAT tem a bordo dois sistemas de coleta de dados: MSS e TM. O primeiro apresenta quatro faixas no visível e infravermelho próximo, com um elemento de resolução de 80m. O segundo ampliou o número de faixas ao longo do espectro eletromagnético e estreitou seus respectivos limites aumentando a precisão. Seu elemento de resolução no terreno passou a ser 30 x 30m nas faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, e de 120m no infravermelho termal.

Estas modificações sugerem uma melhora na obtenção de dados para estudos de área urbana em relação à complexidade de tais alvos (Jensen, 1983; Niero e Foresti, 1983).

Assim, as faixas do TM3 (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ ) e TM-4 (0,76-0,90  $\mu\text{m}$ ) correspondem respectivamente às regiões do vermelho e infravermelho próximo.

A melhora na resolução espacial e espectral dos dados TM permite maiores ampliações quando analisados digitalmente no Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais (I-100). Tornou-se possível trabalhar digitalmente na escala 1:50.000 e cobrir uma área de aproximadamente 215km<sup>2</sup>, sem perda de resolução radiométrica.

## 5 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de São Paulo, situada a 23<sup>o</sup>33' de latitude e 49<sup>o</sup> de longitude, representa a sede do mais importante sistema metropolitano do Brasil, com uma população aproximada de 10 milhões de habitantes. A partir da década de 70 a expansão metropolitana superou todo o desenvolvimento anteriormente observado; além da urbanização de extensas áreas, da compactação daqueles já urbanizados e da consolidação da estrutura do tecido urbano do município de São Paulo, observou-se um crescimento vertical intenso na parte central da aglomeração (Langenbuch, 1971).

Hoje a cidade de São Paulo encontra-se circundada pela mancha urbana contínua da Grande São Paulo, cujos limites variam de ano para ano, em virtude de seu alto índice de crescimento e teve um aumento de nove vezes nas três últimas décadas (Kowarich e Campanário, 1985).

## 6 - ANÁLISE DIGITAL

Foi escolhido um trecho da cidade de São Paulo que apresenta as maiores variações quanto à presença da vegetação. Esta área teste foi analisada a partir de dados TM-LANDSAT de 3.10.84 e pode ser observada na Figura 3.

A área teste abrange uma superfície aproximada de 215km<sup>2</sup> e compreende a maior parte do centro principal metropolitano (centro original da cidade); o centro Paulista (desdobramento do centro original); Jardins América, Europa e Paulista; Bairros do Morumbi, Ibirapuera, Alto de Pinheiros, Lapa, Casa Verde, Brás, etc. Esta área selecionada foi ampliada para a escala 1:50.000 no I-100 em cuja ampliação aplicou-se um algoritmo (ÍNDICE VEGETATIVO) que consiste em transformar os dados de duas faixas do espectro (notadamente do vermelho e do infravermelho próximo) conforme a seguinte equação:

$$IVT = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3} \times 256 .$$

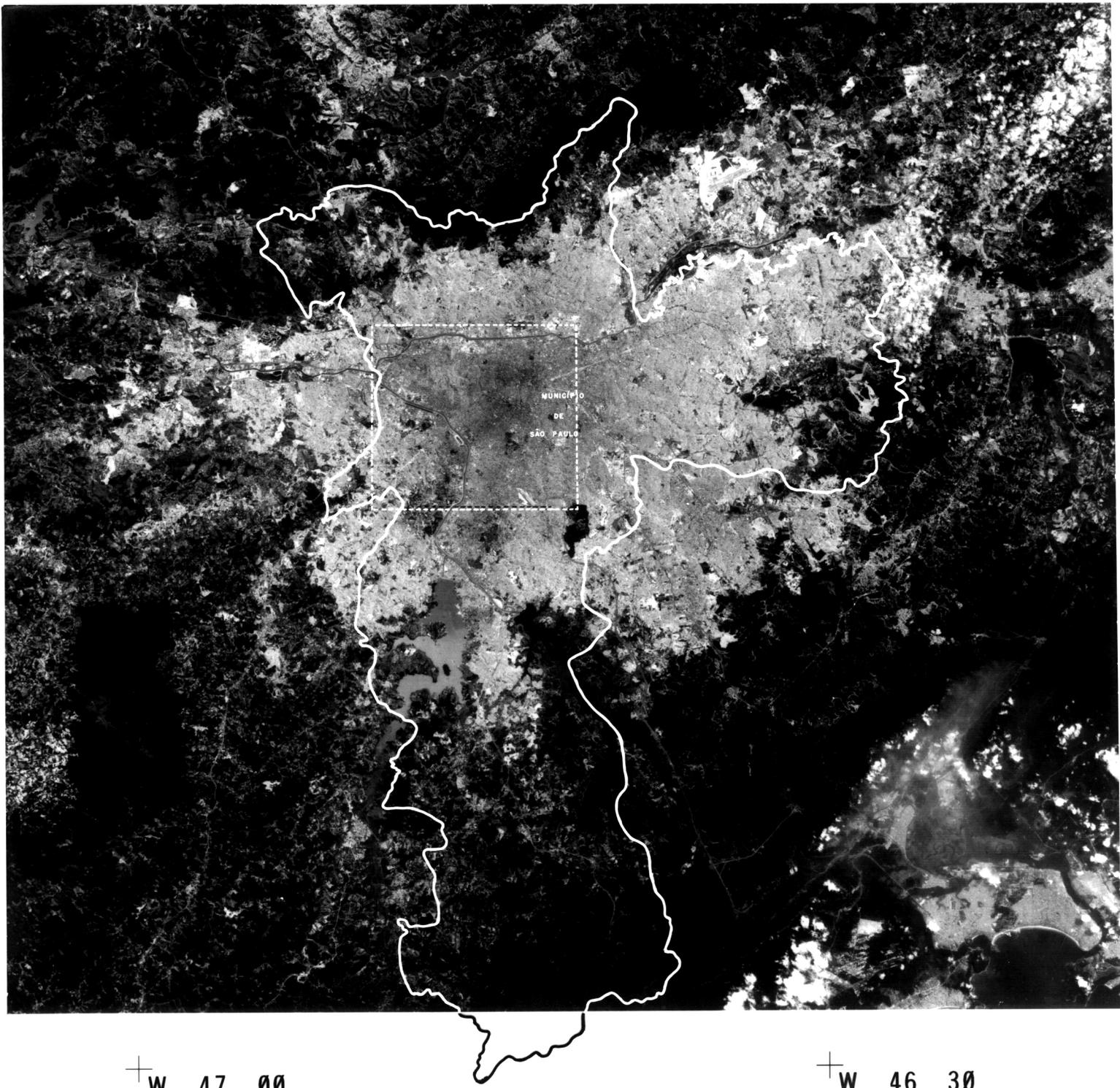


Fig. 3 - Localização da área teste no município de São Paulo em imagem TM-7 LANDSAT.

Ao dividir a diferença de canais pela sua soma, obtêm-se uma diminuição daqueles efeitos atmosféricos que podem mascarar o comportamento espectral da vegetação na região do vermelho, principalmente quando o produto foi obtido ao nível orbital. Ao multiplicar por 256 evitam-se valores muito baixos ou negativos que dificultam a interpretação digital.

O resultado que se obtém no vídeo do I-100 é uma imagem índice em escala de tons de cinza cujos pontos com menor quantidade de vegetação aparecem em tons escuros e aqueles com maior quantidade de vegetação em tons mais claros.

#### SELEÇÃO DE PONTOS PARA TESTE

Com o auxílio de fotografias aéreas infravermelhas em falsa-cor, de abril de 1982, que cobrem a área em estudo, escolheram-se 28 pontos o mais possível variáveis quanto à presença de vegetação e extraíram-se os seus valores de IVT máximos e mínimos através de um algoritmo que classifica de modo determinístico (SINGLE CELL). Em seguida, alarmando na tela do I-100 diferentes intervalos de IVTs com o auxílio do algoritmo que classifica por agrupamento (CLUSTER SYNTHESIS) obtiveram-se 8 intervalos de IVs, com base nos 28 pontos de verdade terrestre disponíveis.

Escolhidos esses intervalos, procedeu-se à classificação por fatiamento (algoritmo SLICING). Como a saída desta classificação no vídeo é colorida, utilizou-se a saída GRAFIX que ilustra a classificação obtida em escala de tons de cinza, muito semelhante à imagem índice e permite indicar pontos de referência para facilitar a ilustração.

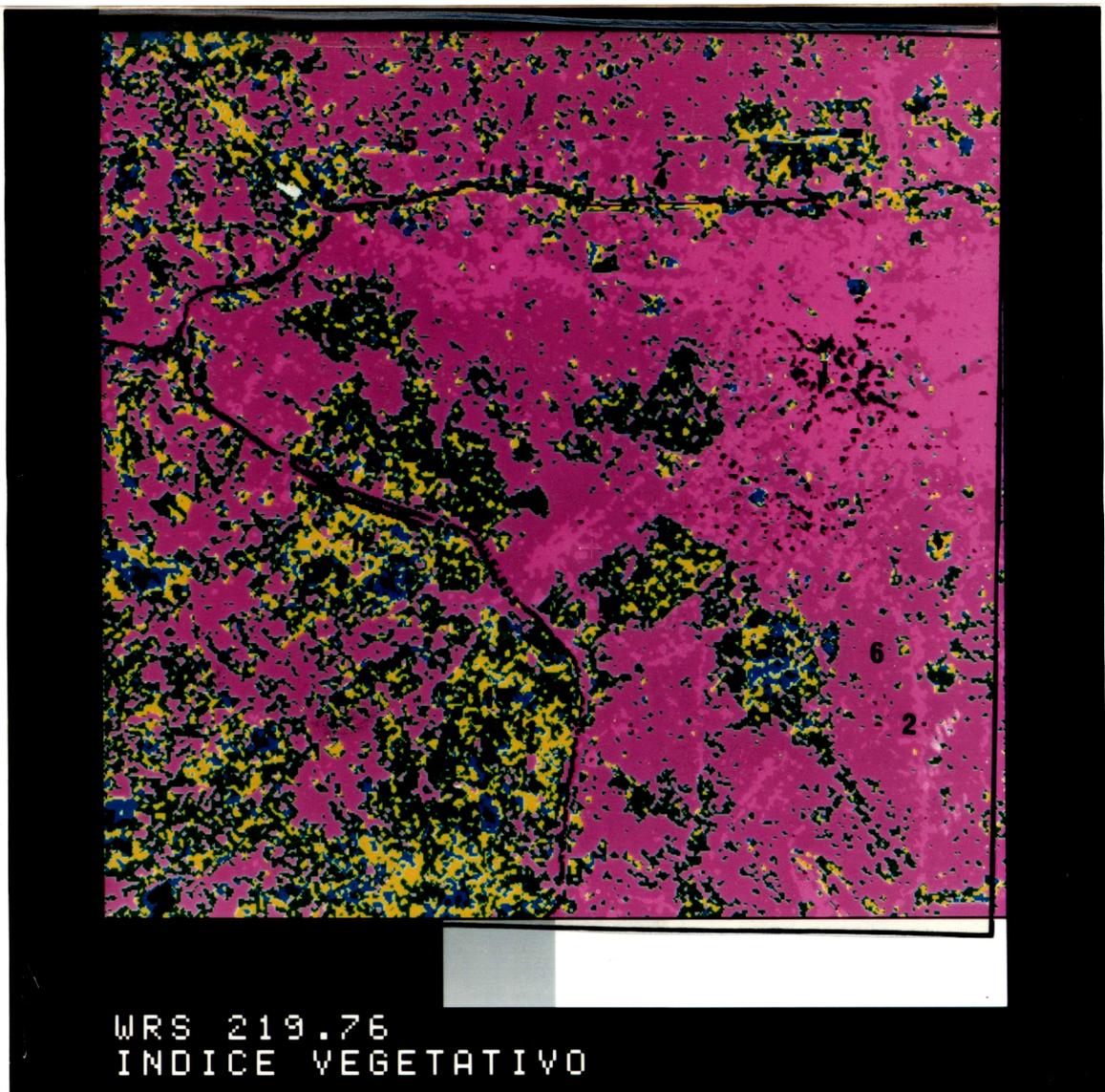
Na última etapa, aplicou-se um algoritmo que calcula a área de cada classe e sua respectiva proporção em relação à área teste.

## 7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Índice vegetativo é definido como sendo um *indicador de quantidade de vegetação por área*. Em estudos da qualidade de vida em ambientes urbanos, o parâmetro distribuição da vegetação tem mais peso que o parâmetro quantidade. Deste modo, o enfoque deste trabalho foi na distribuição espacial da vegetação.

A Figura 4 apresenta a área teste classificada onde cada cor é associada a uma classe de Índice vegetativo. A indicação de alguns pontos de referência facilitam a visualização das classes. O cálculo do Índice vegetativo efetuado com dados TM-LANDSAT, descrito na Seção Análise Digital, permitiu a identificação de 8 classes, no intervalo de níveis de cinza de 0 a 255, onde quanto maior é a densidade de vegetação da cobertura, mais alto é o Índice vegetativo encontrado.

A Tabela 1 mostra as 8 classes de IVTs observados na área teste com uma descrição de cada intervalo, bem como a proporção em que cada uma ocorre.



Legenda: O significado das cores é apresentado na Tabela 1.

PONTOS DE REFERÊNCIA:

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1 - Centro de São Paulo | 9 - Alto de Pinheiros          |
| 2 - Avenida Jabaquara   | 10 - Pacaembu                  |
| 3 - Avenida Faria Lima  | 11 - Morumbi                   |
| 4 - Casa Verde          | 12 - Cidade Universitária      |
| 5 - Bairro do Limão     | 13 - Parque do Ibirapuera      |
| 6 - Vila Mariana        | 14 - Campo de Marte            |
| 7 - Jardins             | 15 - Bosque do Morumbi         |
| 8 - Alto da Lapa        | 16 - Bosque da Botânica da USP |

Fig. 4 - Classes de índices vegetativos da área central de São Paulo.

TABELA 1

DESCRIÇÃO DAS 8 CLASSES DE ÍNDICES VEGETATIVOS IDENTIFICADOS NA ÁREA DE ESTUDO

ÍNDICES VEGETATIVOS	ÁREA DA ÁREA	CLASSE	OBSERVAÇÕES	COR NA FIGURA 4
0 - 12	0,02	- ÁGUA/ÁREAS DESPROVIDAS DE VEGETAÇÃO.	- REPRESA.	BRANCO
13 - 65	1,90	- ÁGUA/EDIFICAÇÃO VERTICAL INTENSA.	- RIO TIETÊ, RAIÁ OLÍMPICA DA USP, ALCUNS PONTOS DO CENTRO DE SÃO PAULO.	AZUL ESCURO.
66 - 80	11,89	- INTENSA OCUPAÇÃO VERTICAL COM BAIXA PORCENTAGEM DE VEGETAÇÃO.	- CENTRO DE SÃO PAULO E IMPORTANTES VIAS DE LIGAÇÃO (REBOUÇAS, JABAQUARA, FÁRIA LIMA, SANTO AMARO, ETC.).	ROSA CLARO
81 - 105	43,80	- DENSE OCUPAÇÃO HORIZONTAL COM OCUPAÇÃO VERTICAL ESPARSA.	- BAIRROS DA CASA VERDE, LIMÃO, SANTANA, SAÚDE, IPIRANGA, ETC.	ROSA ESCURO.
106 - 130	24,29	- OCUPAÇÃO HORIZONTAL ARBORIZADA.	- JARDIM AMÉRICA, JARDIM PAULISTA, JARDIM EUROPA, ALTO DE PINHEIROS, ALTO DA LAPA, PACAEMBU, ETC.	VERDE BANDEIRA.
131 - 155	10,44	- OCUPAÇÃO HORIZONTAL INTENSAMENTE ARBORIZADA.	- BAIRRO DO MORUMBI, CIDADE DE UNIVERSITÁRIA	AMARELO.
156 - 180	4,40	- PARQUES COM ARBORIZAÇÃO, CONSTRUÇÕES E GRAMÍNEAS.	- PARQUE DO IBIRAPUERA, CAMPO DE MARTÊ.	AZUL CLARO
181 - 255	9,99	- BOSQUES COM PREDOMINÂNCIA DE ÁRVORES.	- BOSQUE DO MORUMBI, BOSQUE DA BOTÂNICA DA USP	VERDE ESCURO.

## 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Ficou evidenciada neste trabalho a importância da utilização dos índices vegetativos para um maior conhecimento da distribuição e densidade da vegetação no espaço urbano.

A repetitividade dos dados TM-LANDSAT permitirá um aprimoramento do método utilizado em relação à variação sazonal da densidade da vegetação.

O método testado permitirá ainda o monitoramento das áreas urbanas quanto à distribuição da vegetação para se chegar à definição quantitativa de áreas urbanas deficientes em vegetação, como também à inferência de níveis diferenciados de qualidade de vida dos vários setores do meio urbano.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELAVIGNE, R.; MARIETTE, V.; BIANCALE, M. *La télédétection par satellite au service des comptes du Patrimoine Natural*. IAURIF, Paris, decembre, 1982.
- DELAVIGNE, R.; THIBAUT, C. Recent contributions of satellite remote sensing to the implementation of regional environmental policy in Ile de France (Paris Region) through the quantitative mapping of urban vegetation. In: *EIGHTEENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 1-6 october, Paris, 1984.
- GAUSMAN, H.W. Leaf reflectance of near infrared. *Photogrammetric Engineering*, 40(2):183-192, Feb. 1974.
- HOWARTH, P.J.; BOASSON, E. LANDSAT digital enhancements for change detection in urban environments. *Remote Sensing of Environment*, 13(2):149-160, 1983.
- KOWARICK, L.; CAMPANÁRIO, M. São Paulo, metrôpole do subdesenvolvimento industrializado: consequências sociais do crescimento e da crise econômica. In: *SIMPÓSIO A CRISE E A METRÓPOLE*, 11-16 março, São Paulo, 1985.
- JENSEN, J.R. Urban/suburban land use analysis. In: *AMERICAN SOCIETY PHOTOGRAMMETRY. Manual of Remote Sensing*. 2. ed. Falls Church 1983. Vol. 2, cap. 30, p.1571-1666.
- LANGENBUCH, J.R. *Estruturação da Grande São Paulo - Estudo de Geografia*. Departamento de Documentação e Divulgação Geográfica e Cartográfica. Rio de Janeiro, 1971.
- LENCO, M.; BALLUT, A.; DELAVIGNE, R. Utilisation d'images satellites pour décrire l'état et le suivi de l'occupation du sol en Ile-de-France. In: *JOURNÉES DE TÉLÉDÉTECTION EN MILIEU URBAIN*, 6-7 Mai, 1982. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1982.
- NIERO, M.; FORESTI, C. *Uso do solo urbano da Área Metropolitana de São Paulo através de análise automática de dados LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, jun. 1983, (INPE-2788-RPE/437).

PEREIRA, M.D.B. *Correlação de fitomassa foliar de campo cerrado com dados espectrais obtidos pelo sistema MSS-LANDSAT e por radiometria de campo.* Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos.

RUDORFF, B.F.T. *Dados LANDSAT na estimativa de produtividade agrícola da cana-de-açúcar.* Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos. INPE, dez. 1985. (INPE-3744-TDL/202).