

## **Evolução temporal do índice de vegetação da área urbana de Curitiba-PR**

Lídia Sanches Bertolo<sup>1</sup>

Jansle Vieira Rocha<sup>2</sup>

Andrea Ferraz Young<sup>3</sup>

Universidade de Campinas - UNICAMP/FEAGRI  
Caixa Postal 96 - 13416-000 - Campinas - SP, Brasil

<sup>1</sup> lilibert@agr.unicamp.Br

<sup>2</sup> jansle@agr.unicamp.Br

<sup>3</sup> ayoun@agr.unicamp.br

### **RESUMO**

A intensa e desordenada urbanização na maioria das cidades brasileiras tem ocasionado um processo de degradação do meio natural urbano, tornando escassa a presença do elemento vegetação. Assim, é necessário medir e monitorar essas áreas para a elaboração um planejamento adequado com melhoramento da qualidade ambiental. Este trabalho tem como hipótese que é possível e adequado (a) apresentar as transformações da paisagem por meio de comparações de diferentes cenários a partir do uso de dois índices: NDVI e IVM e (b) identificar qual entre eles é o instrumento de melhor eficiência e eficácia. O estudo de caso foi baseado nas áreas verdes no Município de Curitiba-PR, em uma análise temporal de 13 anos. Como resultado foram obtidos cenários por meio dos mapeamentos da vegetação em diferentes datas, valores dos índices NDVI e IVM e as taxas de perda ou aumento de cobertura vegetal, indicadas por esses índices.

Palavras chave: Índices de vegetação, qualidade ambiental urbana, análise multitemporal

### **ABSTRACT**

The intense and disordered urbanization in the most of Brazilian cities has been causing a degradation process of the urban environment, lowering the presence of the vegetation element. Therefore, it is necessary to measure and to monitor these areas for the elaboration of an adequate planning that could provide improvement of the environmental quality. The hypothesis of this study is that is possible and adequate (a) to present the landscape transformation by means of comparing different scenarios using two vegetation indices: NDVI and IVM and (b) to identify which between them is the instrument of better efficiency and effectiveness. The study of case was the green areas in the City of Curitiba-PR, in a Temporal analysis of 13 years. The data had been processed in a System of Geographic Information. Had been gotten as a result scenes made from the mappings of the vegetation in different dates, values of the NDVI e IVM indices and the taxes of loss or increase of the vegetal covering, indicated by these indices.

Key words: vegetation indices, urban environmental quality, multitemporal analysis

### **INTRODUÇÃO**

A intensa e desordenada urbanização verificada na maioria das cidades brasileiras tem ocasionado um processo de degradação do meio natural urbano tornando escassa a presença do elemento vegetação nestas áreas. No entanto, é reconhecida, mundialmente, a importância dessas áreas para a saúde, o lazer e o equilíbrio emocional da população urbana. A literatura acadêmica aponta que as funções das áreas verdes para a população ocorrem se elas se apresentarem em quantidades e qualidades adequadas. Isso implica na necessidade uma certa quantia de espaço verde por habitante, com uma composição e estrutura da vegetação que corresponda às funções desejadas pela população. Assim, é necessário medir e monitorar essas áreas, tal qual se faz em unidades de conservação, para poder elaborar um planejamento adequado, sempre visando o melhoramento da qualidade ambiental urbana.

Tal tarefa pode ser feita por meio da interpretação de imagens de sensores remotos que, obtidas em diferentes datas, permitem construir cenários. A sobreposição dos cenários identifica a variação da cobertura vegetal das áreas verdes ao longo do tempo, bem como a localização dos ganhos e perdas, porém pouco se deduz sobre sua qualidade.

Nestas últimas três décadas foi desenvolvido um índice, derivado de dados de sensoriamento remoto, denominado "Índice de Vegetação" (IV) que, em síntese, é um tratamento especial aplicado aos dados orbitais, que permite o estudo qualitativo e quantitativo da cobertura vegetal urbana. Nessa direção, HOWART & BOASSON (1983), usaram procedimentos de realce para detectar mudanças no meio urbano, que se baseiam na subtração ou razão de bandas, ou ambos. Eles demonstraram que o índice de vegetação é a melhor maneira de se demonstrar mudanças do meio urbano. Os índices de vegetação, segundo FOREST & PEREIRA (1987), 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 infravermelho próximo.

Baseando-se nestas constatações, este trabalho tem como hipótese que é possível e adequado (a) apresentar as transformações da paisagem por meio de comparações de diferentes cenários a partir do uso de dois índices: NDVI e Índice – IVM e (b) identificar qual entre eles é o instrumento de melhor eficiência e eficácia. O estudo de caso foi as áreas verdes no Município de Curitiba-PR, em uma análise temporal de 13 anos.

## **METODOLOGIA**

Foi realizado um levantamento referente à vegetação presente no município de Curitiba nos anos de 1986, 1999 e 2002, por meio do uso de imagens Landsat TM. Através do método de interpretação visual foram identificados conjuntos de áreas referentes à classe vegetação utilizando-se o software ENVI 4.0 para traçar os limites dessas áreas diretamente sobre a imagem. O critério utilizado para essa identificação baseou-se na presença de agrupamentos arbóreos, englobando matas remanescentes, matas ciliares, reflorestamentos e vegetação urbana em e áreas de preservação ambiental (públicas ou privadas). Portanto, áreas de pastagem, culturas ou qualquer outro tipo de atividade agrícola não constituem parte integrante deste levantamento.

As imagens foram concedidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais) e pela ENGESAT, no formato GEOTIF. Tais imagens foram importadas pelo software ENVI 4.0, georreferenciadas e submetidas à composição colorida, conforme a seqüência relacionada: Canal (R): Banda 4; (G): Banda 5; (B): banda 3. A composição falsa cor RGB 453 foi utilizada como padrão para observação das variações de vegetação, entretanto, em alguns momentos para o esclarecimento de dúvidas foi utilizada a composição RGB 543 (vegetação em verde) com contraste linear com 2,0% de saturação. Assim sendo, as imagens de 2002 e 1986 tiveram suas coordenadas geográficas corrigidas com base em pontos de controle levantados na imagem de 1999. No processo de correção foi utilizado o modelo matemático de segunda ordem disponível no software ENVI (12 pontos de controle). Em todo o processo foi considerado o sistema de projeção cartográfica UTM (Projeção Universal Transversal de Mercator) referente à Zona 22 Sul - Datum SAD-69.

Como as imagens adquiridas referiam-se à região do Estado do Paraná, houve a necessidade de realizar um recorte da imagem para isolar o município de Curitiba. Com o vetor referente ao limite de município foi feito um recorte da imagem no software ENVI 4.0. para que o mapeamento fosse realizado somente na área de estudo. A tabela 1 apresenta o material utilizado na elaboração deste trabalho.

**Tabela 1-** Material utilizado

Imagens de satélite adquiridas				
Satélite	Órbita Ponto	Data	Formato	Bandas
Landsat TM 5	220-078	14/Setembro/1986	GEOTIF	3, 4 e 5
Landsat TM 7	220-078	26/Setembro/1999	GEOTIF	3, 4 e 5
Landsat TM 7	220-078	02/Setembro/2002	GEOTIF	3, 4 e 5
Softwares de processamento de imagens e sistema de informações geográficas				
Softwares				Versão
ENVI				3.2
IDRISI				32
AutoCAD Map				2000i

Segundo ROUSE *et al* (1973), NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é a diferença da reflectância no infra-vermelho próximo (TM banda 4) e reflectância no vermelho (TM banda 3); esta diferença é então normalizada pela soma das duas reflectâncias. A partir das imagens Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+ foram geradas imagens NDVI do município nas três datas pré-estabelecidas. Assim sendo, foram extraídos valores estatísticos do NDVI (Máximo, Mínimo, Média, Amplitude e Desvio Padrão) para as regiões onde se evidenciava a presença de vegetação dentro do município como um todo e também para cada uma das regiões de estudo definidas como R1, R2 e R3, visando a análise comparativa do município em diferentes datas e entre regiões ao longo desses períodos. As imagens foram pré-processadas no programa ENVI 4.0, conforme descrito na etapa anterior, onde foi possível a identificação dos polígonos de vegetação e conseqüentemente a elaboração dos respectivos levantamentos através do processo de interpretação visual. Esses dados foram coletados na forma de polígonos ou “rois”. foram posteriormente corrigidos no software AutoCad 2000 e exportados no formato “shapefile” para o programa Idrisi32. Na seqüência, as imagens georreferenciadas foram exportadas para o software Idrisi32 possibilitando a transformação dos dados multiespectrais (bandas espectrais 3 e 4) em uma imagem representando a distribuição de vegetação, ou seja, a elaboração da imagem NDVI através de módulo operacional específico.

Paralelamente, foi realizada uma adaptação deste índice, substituindo-se a banda vermelha (TM banda 3) pela banda infra-vermelha média (TM banda 5), que de acordo com QI *et al* (1993) e EIPHANIO & HUETE (1995), minimiza a influência de fatores externos, principalmente aqueles referentes à geometria de iluminação, propriedades ópticas do solo abaixo do dossel e efeitos atmosféricos, constituindo-se assim o chamado Índice de Vegetação utilizando o Infra-vermelho Médio (Índice – IVM). Neste caso, seguiu-se o procedimento do cálculo estatístico do Índice-IVM conforme metodologia anterior. A única diferença é que a banda 5 indica presença de umidade no solo e na vegetação (permitindo bons contrastes entre tipos de vegetação), enquanto que a banda 3 indicava a forte presença de clorofila.

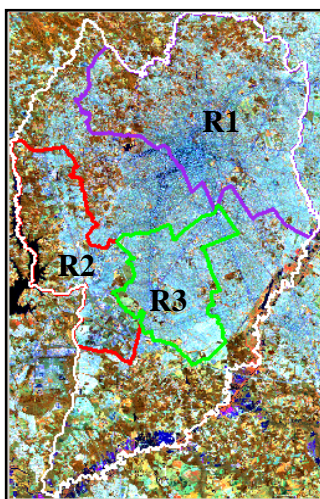
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do levantamento realizado com auxílio das imagens de satélite foram elaborados mapas temáticos da cobertura vegetal referente as três datas (1986, 1999 e 2002), permitindo assim, o cálculo das áreas de vegetação e das variações ocorridas ao longo desse período, conforme a tabela 2.

**Tabela 2:** Área total de vegetação no município de Curitiba em 3 datas (1986, 1999 e 2002)

Ano	Área total do município (km <sup>2</sup> )	Área total de vegetação no município (km <sup>2</sup> )
1986	435.011	67.266
1999	435.011	66.676
2002	435.011	73.287

Com base nesse levantamento e no levantamento de dados de população (a partir do banco de dados do IBGE), foram definidas três regiões de interesse para posterior análise dentro da área de estudo. Essas regiões foram nomeadas de região R1, R2 e R3 e referem-se a porções completamente distintas dentro do município em termos de quantificação e distribuição de vegetação (figura 1). Foram obtidos os valores médios, máximo e mínimo do Índice de vegetação NDVI e do IVM e seus respectivos coeficientes de variação, bem como as taxas de perda ou aumento de cobertura vegetal ao longo dos anos, identificadas pelos cálculos das áreas e comprovadas pelos índices, conforme tabelas 3, 4 e 5.



**Figura 1:** Regiões de estudo no município de Curitiba visualizadas na imagem Landsat.

**Tabela 3:** Média do NDVI e do Índice – IVM por região ao longo dos anos

Ano	Áreas de vegetação				Região Completa (inclui todos usos de solo)			
	Região (veg)	No. Polígonos	NDVI	Índice-IVM	Região (geral)	No. Polígonos	NDVI	Índice-IVM
1986	1	601	0,3432633	0,2416878	1	1	0,0549337	-0,0230125
	2	425	0,2805724	0,1959188	2	1	0,0967617	-0,0042746
	3	105	0,2525210	0,2161999	3	1	0,0077371	-0,0691084
	total veget.	1935	0,3439799	0,2547620	município	1	0,1004168	0,0080332
1999	1	314	0,5739907	0,2542848	1	1	0,0279985	-0,0517528
	2	223	0,5589164	0,1936756	2	1	0,0981025	-0,0451840
	3	50	0,4802082	0,1997974	3	1	-0,1148958	-0,1193072
	total veget.	1000	0,5762264	0,2338655	município	1	0,0630333	-0,0356667
2002	1	575	0,4100204	0,1628830	1	1	0,0136072	-0,0463132
	2	294	0,4602658	0,1652342	2	1	0,0713876	-0,0064317
	3	73	0,3993390	0,1455577	3	1	-0,1099375	-0,1067622
	total veget.	1679	0,4285446	0,1611236	município	1	0,0476345	-0,0289200

**Tabela 4:** Área de vegetação por região ao longo dos anos

Total de área verde por região						
Região	1986		1999		2002	
	área (km <sup>2</sup> )	proporção	área (km <sup>2</sup> )	proporção	área (km <sup>2</sup> )	proporção
<b>R1</b>	16.216	24%	17.075	26%	19.732	27%
<b>R2</b>	12.591	19%	12.884	19%	12.255	17%
<b>R3</b>	1.673	2%	1.390	2%	1.388	2%
<b>município</b>	67.266	100%	66.676	100%	73.287	100%

**Tabela 5:** Taxas de variação das áreas de vegetação entre os anos estudados

Análise comparativa em termos da variação de áreas de vegetação ao longo dos anos									
Região	Anos			Taxa de variação das áreas (%)		Variação (representada em área)			
	1986	1999	2002	Variação 1896/1999	Variação 1999/2002	1986/1999		1999/2002	
<b>R1</b>	16.216	17.075	19.732	5,1862	15,6821	0,841 km <sup>2</sup>	84,1 ha	2,6749 km <sup>2</sup>	267,49 ha
<b>R2</b>	12.591	12.884	12.255	2,3271	-4,8820	0,283 km <sup>2</sup>	20,3 ha	(-) 0,6289 km <sup>2</sup>	(-) 62,89 ha
<b>R3</b>	1.637	1.390	1.388	-15,0886	-0,1439	(-) 0,246 km <sup>2</sup>	(-) 24,7 ha	(-) 0,002 km <sup>2</sup>	(-) 0,20 ha
<b>Total</b>	67.266	66.676	73.287	-0,8771	9,9151	(-) 0,589 km <sup>2</sup>	(-) 58,9 ha	6,6109 km <sup>2</sup>	661,099 ha

Ao se proceder a análise dos resultados, pôde-se contatar que os altos valores de NDVI indicaram alta atividade fotossintética ou a presença de vegetação abundante, enquanto que baixos valores de NDVI indicaram baixa atividade fotossintética e conseqüentemente a presença vegetação esparsa ou ausência total de vegetação; neste último caso, substituída por usos distintos, como áreas urbanas densamente ocupadas, regiões de solo exposto, entre outros.

As respostas dos valores de Índice-IVM também confirmaram a presença de vegetação (anteriormente confirmada pelos valores de NDVI), uma vez que, nas regiões onde se detectou somente a presença de vegetação os valores obtidos através desse índice, foram maiores que nas áreas onde a presença de vegetação estava acompanhada de outros usos, tais como área urbana, solo exposto, pastagens, entre outros. A análise sinóptica da cobertura revelou que tanto os valores de NDVI como os valores obtidos através do Índice – IVM para a vegetação foram coerentes, uma vez que, nas regiões onde se detectou preliminarmente a presença de vegetação, os valores de ambos os índices foram superiores aqueles encontrados no conjunto como um todo. Em todas as regiões observadas (R1, R2 e R3) obteve-se o mesmo padrão de resposta, evidenciando-se a confirmação da presença de vegetação.

Obviamente, não podemos estabelecer uma relação direta entre o aumento e diminuição de vegetação com o aumento ou diminuição dos valores obtidos através desses índices ao longo dos anos, uma vez que, esses índices não estão diretamente relacionados à área e sim a diversos outros fatores, tais como: fase da atividade fotossintética (crescimento, maturidade, senescência), clima (período de secas, chuvas, etc), contribuições atmosféricas e do próprio solo. Entretanto, é importante salientar que na medida em que se tenha uma confirmação “direta”, ou seja, através da imagem, daquilo que foi classificado como vegetação e daquilo que não foi identificado como tal, o trabalho de campo fica praticamente restrito àquelas áreas onde a dúvida prevaleceria, minimizando os custos de se

verificar “in loco” ou calcular através de mapeamentos analógicos regiões inteiras ou até mesmo o município como um todo. Portanto, em levantamentos cujo objetivo primário seria a identificação e quantificação de áreas verdes, o uso de tais índices, seja para fins de confirmação de um levantamento preliminar (através de classificação visual) ou de identificação da presença de vegetação (através de classificações automáticas), é perfeitamente factível, facilitando principalmente o entendimento do processo evolutivo de ocupação do solo, uma vez que, esses índices permitem confirmar a ocorrência tanto do aumento da vegetação como da substituição de áreas de vegetação por outros usos.

De acordo com os levantamentos obtidos através da imagem em 1986, a vegetação em Curitiba representava cerca de 67.266 km<sup>2</sup>, sendo que as regiões R1 e R2 correspondiam a um total de 24% e 19% em relação ao total de vegetação presente no município, enquanto a região R3 correspondia a não mais que 2%. Ao se verificar os dados levantados em 1999, constatou-se que essa realidade praticamente se manteve, sendo que dentre as regiões estudadas apenas a R1 sofreu uma alteração significativa (um aumento de cerca de 2%) passando a representar 26% do total de vegetação do município (66.676 km<sup>2</sup>) respectivamente. Em 2002, as regiões R1 e R2 passaram a constituir cerca de 27% e 17% do total de vegetação do município (73.287 km<sup>2</sup>) e a região R3 se manteve inalterada em termos representativos.

Ao se observar às taxas de variação do total de vegetação do município ao longo dos anos, verifica-se que entre 1986 e 1999 houve uma redução de aproximadamente 0,9%, cerca de 58,99ha. Em contrapartida, entre 1999 e 2002, houve um aumento de cerca de 9,92% sobre o total de área de vegetação do município, que corresponderia a um aumento total de 6.610 km<sup>2</sup>, ou seja, aproximadamente 661 hectares. De acordo com a análise das regiões estudadas, pode-se notar que esse aumento significativo da vegetação ao longo dos anos deve ter ocorrido em outras regiões do município e não propriamente nas áreas estudadas, uma vez que, suas contribuições foram relativamente pequenas em relação ao total de vegetação acrescida. Esse aumento de vegetação ao longo dos anos, se deve principalmente aos avanços das políticas públicas urbanas que tiveram início significativo por volta da década de 70, e que incluíram medidas de conservação de áreas de vegetação em função da necessidade de prevenir a ocorrência de enchentes, ampliar o saneamento básico e preservar extensas áreas verdes e fundos de vales. A partir dessa necessidade determinou-se a criação dos primeiros parques, que foram transformados em áreas de lazer e recreação para a população.

É importante observar que durante a década de 70 a União e o Estado eram os únicos formalmente responsáveis pelo controle do meio ambiente. A Lei Municipal de Zoneamento e Uso de Solo (1975) e o Decreto Municipal de Preservação de Fundos de Vale (1976), de Curitiba, são considerados instrumentos pioneiros de intervenção e controle do uso do solo no Brasil.

No período 1972 - 1980, foram criados 4 parques - São Lourenço, Barigüi, Iguazu e Barreirinha (sede do horto municipal, produtor de mudas de espécies nativas e exóticas). Os parques implantados nesta época correspondem a aproximadamente 10 milhões de m<sup>2</sup> de área verde. Entretanto, esse processo de ampliação das áreas de vegetação não foi tão somente o objetivo municipal e muito menos o principal. A ação municipal orientou-se para duas metas fundamentais: propiciar o equipamento global da cidade nos diversos setores e deflagrar o processo de industrialização.

Em 1975, a lei 5.234 de 10/12/1975, de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo dividiu a cidade de Curitiba em Zonas Urbanas e Setores Especiais indicando os parâmetros

a serem obedecidos. Nas Zonas Urbanas, o processo de ocupação acontece lenta e continuamente. Já nos Setores Especiais, como os novos eixos de crescimento, pretendeu-se direcionar a ocupação induzindo-se o adensamento. Havia a necessidade premente de controlar o crescimento espontâneo da cidade que vinha ocasionando a ocupação de áreas inadequadas, desprovidas de infra-estrutura e que ao mesmo tempo contribuía para o estrangulamento dos setores de serviços, uma vez que, não existiam pólos secundários. Estes serviços haviam se localizado quase que exclusivamente no centro tradicional, cujo crescimento como área compacta não mais se justificava dada as condições cada vez menos aceitáveis no que se diz respeito à densidade demográfica, circulação e infra-estrutura. Além disso, em 1979 o Município havia assumido uma nova postura em relação à política habitacional, vinculando a moradia ao processo de planejamento e desenvolvimento urbano. A COHAB-CT passou a diversificar a tipologia construtiva (casas, sobrados, blocos de apartamentos com dois, três e quatro pavimentos) e o número de unidades habitacionais em cada conjunto, buscando sua integração ao bairro e sua inserção na cidade. Além disso, procurou dotar os conjuntos de equipamentos públicos de saúde, educação, esporte e lazer, além de creches e de Centros Sociais Urbanos – CSU's. Além de unidades prontas, iniciou-se a implantação do Programa de Auto- Construção, oferecendo lotes urbanizados, financiamento para compra de material de construção e assistência técnica às famílias, em todas as etapas do processo.

No final dos anos 80, face à crise do Sistema Financeiro de Habitação e conseqüente interrupção de recursos federais, coube ao Município a implantação de programas habitacionais alternativos para o atendimento da demanda crescente. Os loteamentos populares para auto-construção passaram a ser predominantes. Em 1989 o Município iniciou a ocupação de um dos últimos vazios urbanos de Curitiba, numa área do Sítio Cercado, com 4,2 milhões de metros quadrados, que passou a ser conhecida como Bairro Novo. Em 1990 foi criado o FMH – Fundo Municipal de Habitação, para dar suporte financeiro aos programas habitacionais destinados à população de baixa renda. Desde então, o FMH constitui uma efetiva fonte de financiamento para a implantação de loteamentos populares, regularizações fundiárias e construção de moradias. Os loteamentos populares, executados diretamente pela COHAB-CT ou em parceria com a iniciativa privada tornaram-se, na década de 90, a principal alternativa do Município para a provisão de habitação popular. Entre 90 e 97 foram produzidos 25213 lotes.

A demanda por espaços habitacionais ocasionada pelas políticas de desenvolvimento no setor industrial confirma de certa forma o processo de expansão da área urbana em detrimento do processo de conservação. Entretanto, com a preservação e conservação de áreas verdes apoiando-se sob uma extensa legislação específica, vale citar o acordo de 1980 com o então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, o município passou a ter responsabilidade sobre as áreas verdes, adquirindo uma importância sem precedentes no Brasil, permitindo ostensivos ganhos ambientais e servindo de exemplo para outras ações de parceria entre diferentes instâncias de poder, no caso de Curitiba, entre o poder municipal e o federal. Na década de 80, foram criados 2 parques, o General Iberê de Matos - conhecido como Parque Bacacheri e o das Pedreiras; e 5 bosques, o Boa Vista, João Paulo II, Capão da Imbuia (onde funciona o Museu de História Natural), Gutierrez e o Reinhard Maack, totalizando aproximadamente 430.182 m<sup>2</sup> de áreas verdes preservadas. Em 1986, foi criada a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, o que determinou modificações na estrutura municipal. A Secretaria assumiu a responsabilidade de gerenciar a questão ambiental no âmbito do município e desenvolver programas a ela relacionados.

Através da criação de legislações específicas foi possível estimular a preservação e formação de áreas verdes, com redução proporcional de IPTU, e definição de limites para fracionamento do solo nestas áreas.

Assim sendo, pode-se concluir que os levantamentos realizados e confirmados através dos índices de vegetação utilizados demonstraram claramente haver uma coerência entre aquilo que foi quantificado através das imagens de satélite e aquilo que foi proposto em termos de políticas públicas municipais de expansão e conservação de áreas verdes dentro do município. Nota-se que de fato houve uma tentativa, por parte do poder público já a partir da década de 70, de conciliar a necessidade de abarcar recursos (através da implantação de uma zona industrial), de atender a demanda por habitação (gerada pela atividade industrial, uma vez que, pólos industriais tornam-se atrativos em função da oferta de novos postos de trabalho, oportunidades de negócios, ampliação dos setores de comércio e serviços, entre outros) com a necessidade de preservar áreas cuja ocupação desordenada poderia ser agravada pela ocorrência de enchentes, falta de saneamento básico e de preservação dos fundos de vales, encostas e/ou terrenos sujeitos a erosão.

## **CONCLUSÃO**

Com este trabalho, pode-se afirmar que as transformações da paisagem podem ser representadas por meio de comparação de diferentes cenários a partir do uso de índices de vegetação, como o NDVI e Índice – IVM. Foi possível verificar também que ambos os índices, NDVI e Índice – IVM, são eficientes e eficazes no diagnóstico da cobertura vegetal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

EPIPHANIO, J.C.N.; HUETE, A.R. Dependence of NDVI and SAVI on sun/sensor geometry and its effect on fAPAR relationships in alfalfa. Remote Sensing of Environment, v.51, p.351-360, 1995.

FORESTI, C.; PEREIRA, M.D.B. Utilização de índices de vegetativos obtidos com dados do Sistema Tm-Landsat no estudo da qualidade ambiental urbana: cidade de São Paulo. São José dos Campos, INPE. Maio, (INPE – 4177 – PRE/1071) 1987. 18p.

HOWARTH, P.J.; BOASSON, E. Landsat digital enhancements charge detection in urban Environments. Remote Sensing of Environment, v.13, n.2, p.149-160, 1983

QI, J.; HUETE, A.H.; MORAN, M.S.; CHEHBOUNI, A.; JACKSON, R.D. Interpretation of vegetation indices derived from multi-temporal SPOT images. Remote Sensing of Environment, v. 44, p.89-101, 1993.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio das instituições CNPq (PIBIC, bolsa de iniciação científica) e CNPQ (bolsa de doutorado).