

ANÁLISE TEMPORAL DAS ALTERAÇÕES NA VEGETAÇÃO DO PARQUE ESTADUAL DE
JACUPIRANGA ATRAVÉS DE TRATAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS LANDSAT

Pedro Hernandez Filho
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos - SP

Iliana Rajo Saraiva
Instituto Florestal
Parque do Horto Florestal - C.P. 1322, 01000 - São Paulo - Brasil

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo detectar, e estimar as alterações na vegetação do Parque Estadual de Jacupiranga, administrado pelo Instituto Florestal - São Paulo. Foi utilizado o Sistema Interativo de Análise Multiespectral (I-100) para o processamento digital das imagens correspondentes à órbita 220/77 de 29/09/83 e 31/07/73. Utilizou-se o programa "Subtra" para redução dos efeitos causados pela camada atmosférica na degradação do sinal recebido pelo sensor do satélite. Através do algoritmo de classificação "Single Cell" foram classificadas áreas com vegetação e degradadas. Em seguida efetuou-se o programa registro de imagens para dar procedimento a comparação simultânea de imagens no I-100, realizada pela técnica de análise "Intersecção de temas". Com os resultados das classificações e da comparação de imagem obtidos por processamento digital foi possível avaliar e estimar as alterações ocorridas na vegetação entre as duas épocas.

ABSTRACT

The main goals of this paper were to detect and to estimate the changes of Parque Estadual de Jacupiranga vegetation which is administered by Instituto Florestal. The automatic classification of Landsat multispectral imagery, was made in two dates (Jul.31,73 and Aug.29,83). The Image-100 system is used which extracts thematic informations and makes salient contracts among interested target through the enhancement technique. A computer program called "subtrat" was used for correcting the atmospheric scattering and others additive factors. The single cell classification algorithm was used to obtain spectral signatures of a vegetation type and degraded areas. Another computer program called "Regmed" was used to register two dates images. A postclassification technique was used to analyze two images simultaneous. The results show that Landsat can be used efficiently for the monitoring vegetation and degraded area.

1. INTRODUÇÃO

O Instituto Florestal, órgão da Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, mantém sob sua administração unidades de conservação como parques e reservas estaduais e estações ecológicas, áreas de preservação permanente protegidas por lei que abrangem cerca de 700.000 hectares e representam um patrimônio natural imprescindível ao desenvolvimento de atividades recreativas, educacionais e científicas, bem como o equilíbrio do meio ambiente.

Um dos graves problemas que o Instituto Florestal enfrenta desde que são criadas unidades de conservação, especialmente as de grande extensão, é o da degradação da cobertura vegetal, consequência de uma atividade extrativamente florestal (madeira, carvão, lenha e palmito), seguida de uma agricultura de sobrevivência.

O Instituto de Pesquisas Espaciais, vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, vem desenvolvendo e utilizando metodologias de aplicação de dados orbitais no reconhecimento do

ambientes vegetais. As imagens do satélite LANDSAT, devido a visão sinóptica, multiespectral da superfície terrestre, aliada à sua repetitividade constituem-se em ferramentas extremamente úteis na detecção, localização, avaliação e monitoramento das alterações motivadas por atividades antrópicas ou agentes naturais na cobertura vegetal.

O presente trabalho visa estabelecer uma metodologia de análise automática dos dados fornecidos pelo satélite Landsat para conhecer o estágio de degradação da vegetação e ainda dar subsídios para auxiliar nos trabalhos de proteção e preservação das unidades de preservação do Estado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo BENTON et alii, (1976) um dos objetivos mais reconhecidos do Sensoriamento Remoto é fornecer um rápido e fácil método de detectar, identificar, quantificar, ou monitorar um fenômeno específico, condições ou categoria do objeto.

TANAKA et alii, (1977) e MILLER e WILLIAMS (1978), observaram que o aspecto temporal dos dados fornecidos pelos satélites da série LANDSAT é extremamente valioso no monitoramento da cobertura vegetal. Para WILLIAMS et alii (1979), tal aspecto permite a análise da dinâmica ocupacional de determinada área.

De acordo com VINOGRABOV (1977), o monitoramento espacial permite a identificação das origens e as características dos agentes modificadores do meio ambiente em pouco tempo, para reconhecer e mapear a expansão da atividade de antropogênia estimar a intensidade e a extensão das alterações ecológicas, e estudar sua interação com a paisagem circundante.

Os dados das imagens Landsat quando enviadas para a terra são mascarados pelo espalhamento atmosférico e ruído provocado pelos componentes do sistema CHAVEZ (1975), propôs o método do valor mínimo do histograma que consiste em subtrair de dados os pontos de uma dada banda o valor do limite mínimo do histograma adquirido em áreas de reflectância nula nas bandas utilizadas.

A técnica de comparação pós-classificação de imagens de diferentes passagens ou satélite tem sido testada pela comparação entre os resultados de duas análises de acordo com WEISS MILLER, et alii (1977), RUBEC e THIE (1978); STOW et alii (1980); HOWARTH e WICHWARE (1981). A comparação é realizada pelo exame das classificações utilizando-se pares de classes especificadas pelo analista. As classes alteradas são identificadas por técnicas de reconhecimento de padrões dos resultados obtidos na classificação de duas imagens.

O registro de imagens de datas diferentes permite o ajuste de uma sobre outra, de forma que os pontos que correspondam ao mesmo objeto coincidam espacialmente. A primeira etapa do registro de imagens consiste em adquirir pontos nas duas imagens que correspondam ao mesmo objeto, definidas como pontos de controle e assim obter uma transformação geométrica capaz de mapear uma imagem sobre a outra. Em geral supõe-se que essa transformação aproximada por um polinômio cujo grau está relacionado com os tipos de distorção que ocorre nas imagens. A segunda etapa do registro está diretamente relacionada com o polinômio que melhor mapeie as imagens que é em função da qualidade, preciso e distribuição dos pontos de controle, que geralmente são realizadas por métodos de interpolação (MASCARENHAS e VELASCO, 1984; SCHOWERG ERBT, 1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o Parque Estadual de Jacupiranga localizado no extremo sul do Estado de São Paulo, na divisa com o Estado do Paraná. Está compreendido entre os paralelos 24°40' e 25°15' latitude sul e 48°00' e 48°20' de longitude oeste abrangendo os municípios de Cananeia, Jacupiranga, Eldorado, Barra do Turvo e Iporangá (Figura 1). A vegetação do parque tem sendo degradada pela ação antropica verificada princí-

palmente nos últimos anos.

Segundo a classificação de Koppen o clima da área é do tipo Cfa, isto é, tropical com verão quente, sem estação seca no inverno. Os solos são predominantemente do Grupo HI + PVL - solos Hidromórfico e Podzólico Vermelho Amarelo "integrado" para Latossolo Vermelho Amarelo ocorrendo também Solos do Tipo Campos de Jordão (Brasil, 1960). O relevo é bastante acidentado em sua maior parte, apresentando algumas áreas com relevo plano a suavemente ondulado numa pequena parte abrangida pela baixada litorânea. Esta topografia identifica como capacidade para a maior parte da área a classe VIII, ou seja, terras apropriadas apenas o abrigo da fauna e flora ou para recreação (Chiariani e Donzelli (1983).

A vegetação predominante é a mata tropical constituída fisionomicamente por indivíduos de parte arbóreo, bem desenvolvidos, podendo alcançar 30 a 40m de altura, sendo bastante densa e com elevado número de espécies o que a torna muito heterogênea. De acordo com os níveis topográficos pode-se subdividi-la em Mata Tropical dos Níveis Altos quando situada acima de 80 m e Mata Tropical dos níveis mais baixos quando situada em níveis inferiores a esta altitude (Carmargo et alii, 1972). Há ocorrência de campo próximo à Barra do Turvo de acordo com Borgonovi et alii, 1969).

3.2 - DADOS UTILIZADOS

3.2.1 - DADOS ORBITAIS DO LANDSAT

Foram utilizadas as imagens MSS/LANDSAT na forma digitalizadas, compatíveis com o computador (Tabela 1).

TABELA 1

IMAGEM MSS/LANDSAT

PRODUTO	ORBITA/ PONTO	DATA	BANDA
CCT	178/29	31/07/73	4,5,6 e 7
CCT	220/75	29/08/83	4,5,6 e 7

3.2.2 - DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas, na escala 1:35.000 de 1980 e 1981 e 1:25.000 de 1972 e 1973.

3.2.3 - DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA

O material utilizado para identificação de acidentes geográficos, cidades, hidrografias, e distribuição da vegetação constam de:

- Folhas topográficas do DSG de 1971 na escala 1:10000
- Mapa da distribuição das áreas de vegetação e degradada Aoki et alii (1982)

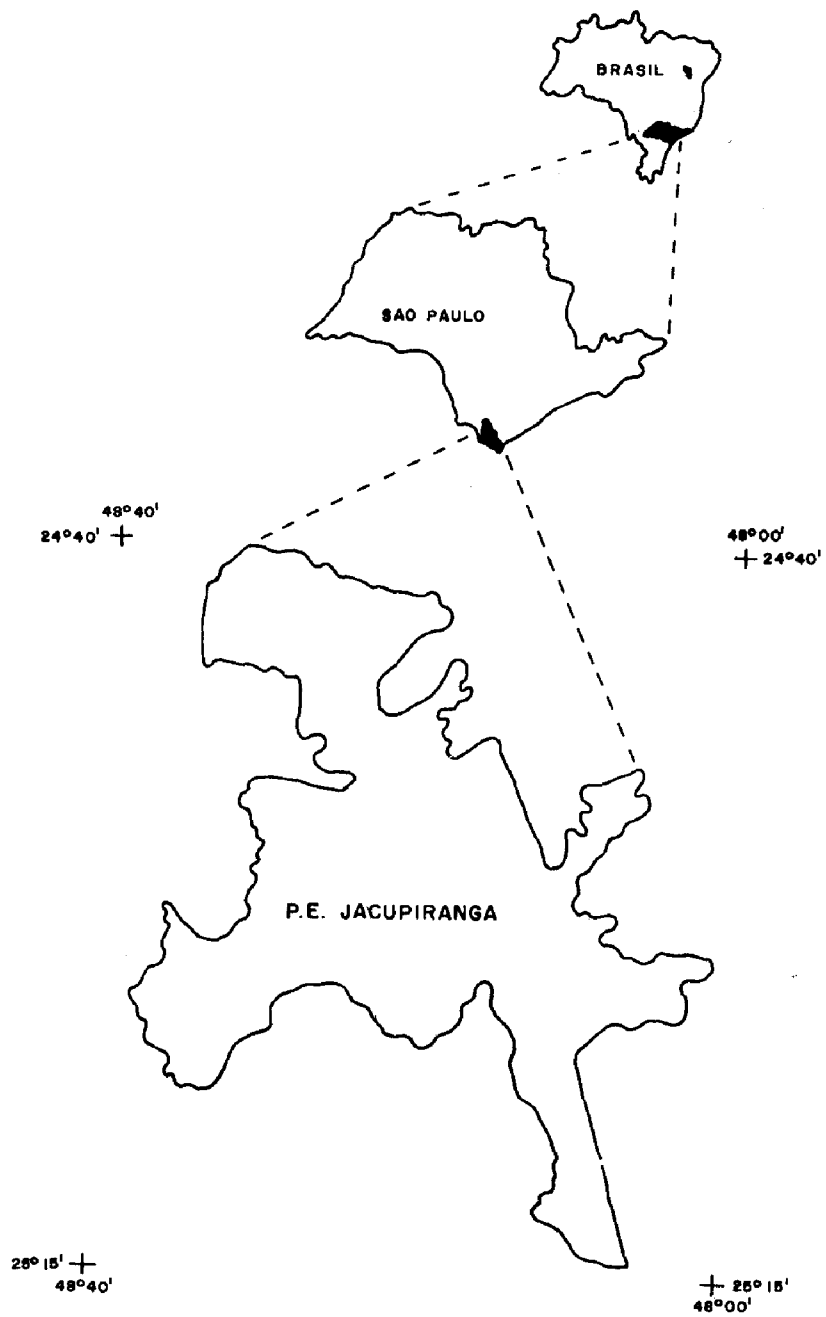


Fig. 1 - Localização do Parque Estadual de Jacupiranga

3.2.4 - SISTEMA INTERATIVO DE ANÁLISE DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS (I-100)

No tratamento automático das imagens MSS / LANDSAT utilizou-se o Sistema I-100 que além de extrair, informações temáticas, destaca contrastes entre alvos pela técnica de realçamento (General Electric Company, 1975).

O I-100 realiza a análise automática pelo método supervisionado (o analista fornece informações ao sistema através de áreas de treinamento) e pelo método não supervisionado (o analista não fornece informações).

3.3 - METODOLOGIA

3.3.1 - CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

Na análise automática, inicialmente carregou-se a imagem na memória, possibilitando a sua projeção na tela do I-100, na escala aproximada de 1:700.000. Posteriormente utilizando o programa "Scaled Cursor" (LTID, 1980) parte da imagem foi ampliada para a escala 1:250.000. Esta ampliação foram feitas para as imagens de 1973 e 1983.

3.3.1.1 - NORMALIZAÇÃO PARA EFEITOS ADITIVOS

Foi reduzido e normalizado os efeitos aditivos provocado pelo espalhamento atmosférico e ruído dos componentes do sistema através do método do valor mínimo do Histograma (Chavez, 1975). Assim, determinou-se o menor valor do nível de cinza da imagem onde está contida a área de estudo com o programa "One Pixel" (LTID, 1985). Foram obtidos o menor valor nas mais escuras ou de reflectância nula e posteriormente subtraído deste valor de todos os pontos da imagem através do programa "Subtra" (LTID, 1985).

3.3.1.2 - REGISTRO DE IMAGEM

Em virtude das diferenças entre as características geométricas e variações nas atitudes dos satélites, as imagens foram registradas pelo sistema de registro "SISREG" (LTID, 1985). A avaliação da qualidade do registro foi realizada pelo programa "REG MED" (MEDEIROS, 1986) que determina a precisão do registro através do desvio médio, calculado para um arquivo de pontos testes. As coordenadas são calculadas para os pontos de teste através do polinômio gerado, pelo programa "OBTCOE", do sistema de registro, com os mesmos pontos de controle utilizados no registro das imagens.

3.3.1.3 - ANÁLISE DAS IMAGENS

Nas imagens de 1973 e 1983 foi feita uma classificação supervisionada utilizando-se o programa "SINGLE CELL" (LTID, 1985). O fornecimento de informações (Mapa da distribuição das áreas de vegetação e degradadas e fotografias aéreas) para a classificação automática é realizado através de escolha de áreas de treinamento representativas das classes de interesse. Em cada canal é definido os limites de níveis de cinza inferiores e superiores que encerram um paralelepípedo que abrange todos os pontos pertencen-

te a classe analisada.

Através da técnica de análise "intersecção de temas" foram comparadas simultaneamente as classes definidas nas duas passagens definindo-se assim novas categorias. Codificando-se os pontos de cada categoria para um mesmo nível de cinza é gerado uma classificação resultante da comparação multitemporal.

3.3.1.4 - ESTIMATIVA DE ÁREA

Utilizando-se do programa "AREA" (LTID, 1985) foram estimadas as áreas das classes nas duas passagens e também das novas categorias originadas pela técnica intersecção de temas.

4. RESULTADOS E DISCUÇÃO

1. Normalização das diferenças radiométricas das imagens.

Utilizando-se o método do valor mínimo do histograma CHAVEZ (1975) foram determinados os valores digitais para eliminação dos efeitos aditivos conforme Tabela 2.

TABELA 2

VALORES DIGITAIS UTILIZADAS PARA ELIMINAÇÃO DOS EFEITOS ADITIVOS

SENSOR CANAL PASSAGEM	MSS			
	4	5	6	7
31/07/73	26	9	2	1
29/08/83	30	17	4	2

Com a eliminação dos valores digitais nas imagens considerou-se que estas não mais apresentavam diferenças radiométricas.

2. Registro de Imagens.

Para execução do registro de imagens considerou-se como padrão passagem de 31/07/73 e com distorção as de 29/08/1983, e foram escolhidos pontos de controle cujas coordenadas estão na Tabela 3.

Para realização do registro foram testados polinômios de 1º, 2º e 3º grau sendo que o polinômio que apresentou melhor qualidade foi o de 1º grau. O desempenho do registro é mostrado na Tabela 4.

Como podemos observar o desvio médio foi relativamente alto que é justificado pela pequena escala utilizada (1:250.000) e não ter sido feita uma normalização geométrica das imagens.

3. Análise das Imagens

A classificação foi efetuada utilizando-se a classificação Single-cell (LTID, 1985), obtendo-se as classes mata e área degradada. Os resultados da estimativa das áreas destas classes nos anos 1973 e 1983 podem ser vistos na Tabela 5.

TABELA 3

PONTOS DE CONTROLES UTILIZADOS NO REGISTRO DE IMAGENS

	PADRÃO (1973)		AJUSTADA (1983)	
	X	Y	X	Y
1	24,0	70,00	29,00	74,00
2	158,0	336,00	157,00	326,00
3	257,00	14,00	265,00	23,00
4	444,00	77,00	450,00	89,00
5	98,00	435,00	98,00	420,00
6	283,00	396,00	285,00	386,00
7	251,00	233,00	256,00	232,00
8	463,00	397,00	466,00	392,00
9	268,00	300,00	271,00	296,00
10	464,00	293,00	467,00	292,00
11	227,00	198,00	231,00	197,00
12	21,00	110,00	26,00	111,00
13	318,00	225,00	321,00	252,00

TABELA 4

QUALIDADE DE REGISTRO

DESVIO	MEDIO	PADRÃO
DIREÇÃO		
X	7,60	21,59
Y	5,60	14,22

TABELA 5

ÁREAS (he) DAS CLASSES DO PARQUE

CATEGORIA \ ÁREA	1973		1983	
	Ha	%	Ha	%
Mata	126447,00	82,31	123545,00	80,43
Área degradada	21200,00	13,81	24200,00	15,75
Área não classifi cada	5965,00	3,88	5867,00	3,82
TOTAL	153612,00	100,00	153612,00	100,00

Verificou-se que entre os anos de 1973 e 1983 houve um decréscimo aproximado de 300,00 ha da vegetação natural passando de 126 445,00 ha para 123.545ha. Houve um acréscimo da área degradada de 3000,00 ha, passando de 21.200,00 ha para 24 000 00 ha.

Com base na técnica de análise intersecção de temas foram obtidas as classes que são mostradas na Tabela 6.

TABELA 6

ESTIMATIVA DAS CATEGORIAS ANALISADAS SIMULTANEAMENTE NOS ANOS DE 1973 e 1983

CATEGORIA	ÁREA (ha)	%
Mata (1973-1983)	107.738,00	70,13
Área degradada (1973-1983)	7953,00	5,17
Degradada-1973 Mata (1983)	11.308,00	7,36
Mata 1973-Degradada (1983)	14.360,00	9,35
Não classificadas	12.530,00	7,97
TOTAL	153.612,00	100,00

Verificou-se que a classe mata em 1973 e continuou sendo mata em 1983, isto é, não houve alteração correspondeu a uma área de 107.738,00 ha. O que era área degradada em 1973 e não houve alteração em 1983 foi de 7953,00 ha. A vegetação que estava degradada em 1973 e evoluiu para mata em 1983 (regeneração da vegetação) correspondeu a uma área de 11.308,00 ha. A área que era vegetação em 1973 e foi degradada até 1983 foi o equivalente de 14.360,00 ha. Assim, o acréscimo efetivo da área degradada foi de aproximadamente 3000,00 ha.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As imagens do MSS/LANDSAT, podem ser analisadas simultaneamente utilizando um procedimento de registro de imagens. Utilizando-se o método todo do valor mínimo do histograma foi possível reduzir o efeito aditivos provocado pelo espalhamento atmosférico e ruído dos componentes do sistema. A qualidade do registro de imagens apresentou um desvio médio em X de 7,60 pontos e em Y de 5,60 pontos considerado um desempenho razoável para a escala utilizada (1:250.000).

O Parque Estadual de Jacupiranga teve um acréscimo de áreas degradadas de 3000,00 ha desde 1973 até 1983 motivado pela presença de invasores.

Recomenda-se que a ampliação das imagens de satélite Landsat de nº de série diferente se já feita pelo programa "Reamos" (LTID, 1980) por causa da diferença dos tamanhos dos "pixels" quanto maior for a escala de ampliação das ima-

gens e também uma boa distribuição e definição dos pontos de controle melhora a qualidade de registro e por conseqüente promoverá um melhor desempenho na classificação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOKI et alii, Will areas monitoring using Landsat data In: 15º International Congress of Photogrammetry and Remote Sensing. Rio de Janeiro, Brasil, 1980.
- BENTON, A.R. et alii. Low-cost aerial photography for vegetation analysis. Technical Notes, Society of Photographic Scientists and Engineers, 1976.
- BORGONNOVI, M. e CHIARINI, J.V. Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. I Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com cerrado e campo, em 1962. *Bragantia*, 24:159-172. 1965.
- BRASIL. Levantamento de reconhecimento do Estado de São Paulo. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de solos. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura (Boletim nº 12). 1960.
- CAMARGO, J.C.G. et alii. Estudo fitogeográfico e ecológico da bacia hidrográfica paulista do Rio da Ribeira. *Biogeografia*. USP. 5:1-30, 1972.
- CHAVEZ JR. P. Atmospheric solar, and MTF corrections for ERTS digital imagery. IN: American Society of Photogrammetric Convention Proc. Oct. 1975. Phoenix Arizona.
- CHIARINI, J.V. e DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Instituto Agronômico de Campinas (Boletim técnica nº 3) 1973.
- GENERAL ELECTRIC COMPANY. Image-100: Interactive Multispectral Image Analysis System. User Manual. 1975.
- HOWARTH, P.J.; WICKWARE, G.M. Procedures for change detection using Landsat data. *International Journal of Remote Sensing*, 1981. 2(3): 277-291.
- LABORATÓRIO DE TRATAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS. Sistemas de tratamento de imagens digitais manuais e usuário. DSG. INPE. São José dos Campos, Set. 1985.
- MASCARENHAS, N.D.A.; VELASCO, F.R.D. Processamento digital de imagens. In: IV Escola de Computação. Instituto de Matemática e Estatística. USP. São Paulo. 1984.
- MEDEIROS, J.S. de. Desenvolvimento metodológico para detecção de alterações na cobertura vegetal através da análise digital de dados MSS Landsat. INPE, São José dos Campos, 1986. Tese de mestrado em sensoriamento remoto (no prelo).

- MILLER e WILLIAMS, D.L. Monitoring forest canopy alteration around the world with digital analysis of Landsat imagery. IN: International Symposium on Remote Sensing for Observation and Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment Proceedings, Freiburg, Germany, 1978, v.3, p. 1721-1762.
- RUBEC, C.D.; THIE, J. Land use monitoring with Landsat digital data in southwestern Manitoba. In: Canadian Symposium on Remote Sensing, 5th, 1978. Victoria, B.C. p. 136-149.
- SCHOWENGERDT, R.A. Techniques for image processing and classification in Remote Sensing. Academic Press. New York, 1983.
- STOW, D.A.; TYNEY, L.R.; ESTES, J.E. Deriving land use/land cover change statistics from Landsat: a study of prime agricultural land. IN: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 14th, Proc. Ann Arbor, MI 1980. Y. 1227-1237.
- TANAKA, S. et alii. Multi-seasonal data analysis and some extension for environmental monitoring. In: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11. Proceedings Michigan, 1977, v.1. p. 545-561.
- VINOGRABOV; B.V. et alii. Remote sensing in Ecological Botany. Remote Sensing of environment, 1977, 6:83-94.
- WEIS MILER, R.A.; KRISTOFF, S.J.; SCHOLZ, D.K.; ANUTA, P.E.; MOMIM, S.A. Change detection in coastal zones environment Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(12) 1977 p. 1533-1539.