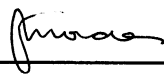
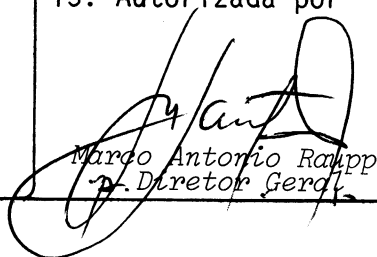


1. Publicação nº <i>INPE-4495-PRE/1259</i>	2. Versão	3. Data <i>abril 1988</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DPA</i>	Programa <i>AN.AMB.</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>ESTUDOS AMBIENTAIS - SENSORIAMENTO REMOTO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:577.4E</i>			
8. Título <i>UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS</i>		10. Páginas: <i>23</i>	
		11. Última página: <i>22</i>	
9. Autoria <i>EVLYN MÁRCIA LEÃO DE MORAES NOVO</i>		12. Revisada por <i>Celina Foresti</i> <i>Celina Foresti</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Ralupp</i> <i>Diretor Geral</i>	
14. Resumo/Notas <i>Nesse trabalho são apresentados alguns exemplos de utilização de dados de Sensoriamento Remoto em estudos ambientais. Os exemplos envolvem métodos de detecção de mudanças dos sistemas ambientais (Change detection methods), métodos de diferenciação espacial de sistemas ambientais (classificação) e métodos de estimativa de variáveis ambientais.</i>			
15. Observações <i>Trabalho submetido à publicação na Revista Geografia - Rio Claro-SP</i>			

ABSTRACT

In this paper some examples of remote sensing data application to environmental studies are presented. Those examples include methods for environmental change detection, methods for spatial variation detection within environmental systems (classification) and methods for estimation of environmental variables.

RESUMO

Nesse trabalho são apresentados alguns exemplos de utilização de dados de Sensoriamento Remoto em estudos ambientais. Os exemplos envolvem métodos de detecção de mudanças dos sistemas ambientais (Change detection methods), métodos de diferenciação espacial de sistemas ambientais (classificação) e métodos de estimativa de variáveis ambientais.

UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

EM ESTUDOS AMBIENTAIS

EVLYN MÁRCIA LEÃO DE MORAES NOVO

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE

12.200 - São José dos Campos - SP

1. DO PORQUÊ SENSORIAMENTO REMOTO É UMA TECNOLOGIA ADEQUADA
A ESTUDOS AMBIENTAIS

A. O QUE SE ENTENDE POR AMBIENTE

A palavra Ambiente aparece tão frequentemente no vocabulário diário de inúmeras pessoas que o primeiro passo numa discussão sobre estudos ambientais é conceituar o que se entende por ambiente, e em que sentido essa palavra será utilizada neste contexto.

O significado da palavra Ambiente é "tudo aquilo que cerca". Mas cerca o quê, ou a quem? Em primeiro lugar, o "ambiente" que se tem em mente é aquele que cerca o Homem. Mas o Homem, naturalmente, não pode ser isolado de outras formas de vida animal ou vegetal. Portanto, no conceito de ambiente há que se incluir todas as formas e processos que ocorrem dentro da biosfera. A biosfera entretanto, mantém

interfaces de dependência com os componentes abióticos do ambiente como a atmosfera, litosfera e hidrosfera. Essas interfaces são vitais ao ambiente porque é através delas que se processam trocas de energia e matéria essenciais à sua manutenção (Sthraler e Sthraler, 1973). Mas a troca de energia e matéria dentro de um dado ambiente sofre influências das transformações culturais do Homem ao longo do seu processo evolutivo. Além disso o ambiente não pode ser abordado sem que se leve em conta julgamentos de valor. Por exemplo, despoluir o ar e rios envolve energia e recursos, que se aplicados na recuperação do ambiente implicarão na diminuição de recursos aplicáveis a outras necessidades humanas.

O ambiente possui duas importantes propriedades: a) extensão espacial; b) dinâmica. Isto significa que as variáveis ambientais se modificam no tempo e no espaço. No espaço há modificação das características do ambiente em função da latitude, altitude, profundidade, etc. No tempo há mudanças cíclicas (variação sazonal da umidade, oscilação da maré), há mudanças em torno de um valor médio (steady state) tais como as variações diárias de temperatura; há mudanças ocasionais ("desastres" naturais como inundações, vulcanismos, etc). A taxa de mudança do ambiente pode ser lenta ou rápida, pode ser natural ou induzida por decisão do Homem.

O Homem pode alterar o funcionamento do ambiente: a) modificando as entradas e saídas de energia e matéria; b) alterando os processos naturais de transporte e transformação de energia e matéria. Por exemplo, uma construção de barragem é uma forma de alterar o funcionamento natural do ambiente. Antes da barragem, a água e o sedimento do rio se movem para a jusante. Com o enchimento da barragem há o aumento de volume d'água à montante. A saída de energia e matéria do sistema fluvial para jusante é drasticamente reduzida. O fluxo de sedimentos em direção a jusante é diminuído.

Enquanto isso, quais os benefícios da barragem? regularização de fluxo, controle de enchentes, geração de energia. E quais as modificações no sistema fluvial, sua flora e fauna inclusive? O sedimento que chega a barragem tende a se acumular, modificando, em função de suas propriedades físico-químicas a qualidade do ambiente aquático, exigindo adaptações novas entre biosfera e suas interfaces abióticas. A jusante da barragem, o fluxo d'água terá menor concentração de sedimentos grosseiros, portanto despenderá menor energia cinética na fricção, e portanto, fluirá mais rapidamente causando severa erosão do canal até o ponto em que o sedimento incorporado ao fluxo o conduza ao equilíbrio. A área do lago formado pela represa por sua vez produzirá maior evaporação, representando uma perda de energia e matéria do siste

ma fluvial para a baixa atmosfera. Ao fim de algum tempo, o lago estará assoreado pelos sedimentos retirados das cabeceiras do rio barrado (Sthraler e Sthraler, 1973).

A transformação do ambiente pelo Homem pode ser benéfica. Por exemplo, o desenvolvimento da agricultura através de seleção de espécies, a utilização de plantas medicinais, o aproveitamento dos combustíveis fósseis. Há porém um limiar a partir do qual a transformação do ambiente não é benéfica: monocultura versus praga; desmatamento versus degradação de solos e mananciais; controle químico de pragas versus poluição hídrica. Como conhecer esses limites para os múltiplos ambientes que compõem a superfície da Terra? Como conhecer esses limites num ambiente em contínua transformação?

Há inúmeras técnicas de análise e controle ambiental. Entretanto, há limitações para sua utilização devido ao custo envolvido na coleta de dados em grandes áreas e por longo período de tempo. É neste contexto que o sensoria-mento remoto pode ser utilizado nos estudos ambientais.

B. CONCEITO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento Remoto é a técnica que permite adquirir informações sobre a superfície terrestre a partir da detecção e registro da energia resultante da interação entre a radiação eletromagnética e a matéria em estudo. (Curran, 1986). Portanto, o que é detectado num dado instante não é um determinado objeto, mas o ambiente como um todo.

Numa imagem de satélite, pode-se ver o conjunto integrado do ambiente e separá-lo em diferentes unidades. Numa imagem do Vale do Paraíba (Figura 1) pode-se identificar rapidamente diferentes ambientes: a) o planalto da Mantiqueira, com altitudes elevadas (> 1000 m), vegetação arbórea, relevo dissecado, solos rasos, etc; b) as escarpas caracterizadas por maior umidade, afloramentos rochosos, declividades elevadas, etc; c) os esporões basais, altitudes médias (~700 m), temperaturas mais elevadas, menores amplitudes térmicas, maior intervenção antrópica, ambiente derivado da substituição de vegetação natural por cafeicultura e desta por pastagens; d) colinas sedimentares, declives moderados, solos mais profundos, depauperados, revestidos de pastagens, presença de inúmeras colônias de formigas - indicador de elevada taxa de degradação ambiental, ocupação pecuária, vegetação primitiva provável o campo e campo cerrado; e) cinturão meândrico,

relevo plano, depressões, meandros abandonados, solos turfosos, ocupação agrícola; f) o rio, retificado, vazão regularizada, etc. Em cada pixel da imagem a informação é composta. Portanto o dado resultante do sensoriamento remoto é um dado complexo. Para ser convertido em informação sobre um tema deve ser analisado. Sua análise requer geralmente a existência de equipes multidisciplinares.

FIGURA 1.

Tomando-se como exemplo o ambiente aquático pode-se tentar decompor a radiância medida pelo sensor em suas partes componentes. Em primeiro lugar a radiação solar atravessa a Atmosfera e sofre espalhamento cujas características serão função das propriedades locais da massa de ar em termos de pressão, profundidade óptica, etc. Assim sendo a energia que chega a superfície pode ser mais ou menos difusa. A proporção de radiação difusa em relação a direta variará não só com as condições atmosféricas mas também com a posição do sol em relação a superfície iluminada e com o comprimento de onda considerado (Jerlov, 1976; Sturm, 1980; Curran e Novo, 1987). A proporção de radiação direta e difusa que chega ao corpo d'água altera o ambiente de luz dentro do corpo d'água; a profundidade com que a luz será transmitida pela água, o que também afeta a migração vertical de organismos vivos no volume d'água.

As condições atmosféricas também afetam a quantidade e qualidade de luz que é transmitida através da superfície d'água por meio dos ventos que alteram a sua rugosidade.

Após sofrer todos esses processos, a radiação transmitida pela superfície começa a interagir com a própria água e seus componentes ou o volume d'água. A interação da radiação com a água vai depender das propriedades físico-químicas das moléculas d'água. A água pura, apesar de incolor, na realidade é um líquido azul. O coeficiente de absorção da luz azul pela água é muito baixo, e sua atenuação se dá basicamente pelo espalhamento molecular governado pela lei de Rayleigh (Moore, 1977). Com o aumento do comprimento de onda há uma maior absorção de radiação pela água. A 0,68 μm uma coluna de um metro de água absorve 35% de radiação incidente. No infravermelho são intensas as bandas de absorção de água em torno de 0,76 μm e 0,74 μm (Kirk, 1983).

Como na natureza não se encontra água pura devido a suas propriedades solventes, a radiação eletromagnética vai encontrar outros componentes dissolvidos na água que alteram seu espectro de absorção tais como ácidos húmicos e clorofilas as quais absorvem radiação azul e vermelha. Mas além de componentes em solução, a água mantém diferentes tipos

de partículas em suspensão, sejam orgânicas (sestons) e inorgânicas (sedimentos) ou em flutuação (macrofitas, fitoplâncton). A presença desses particulados vai determinar maior ou menor espalhamento da luz na água em função de suas propriedades físico-químicas e distribuição granulométrica.

Nesta trajetória para o interior do corpo d'água parte da radiação é refletida de volta para o sensor, sofrendo alterações pela atmosfera. Isto significa que o dado final é extremamente complexo, e que na sua análise é preciso conhecer o efeito individual das diferentes substâncias sobre a energia incidente.

Esta é uma das razões por que o sensoriamento remoto é uma técnica adequada a estudos ambientais. Por que o dado coletado é ambiental, é uma síntese das interações, entre os componentes bióticos e abióticos numa dada área, num dado instante, a uma dada espessura ou profundidade. A energia que sobra e volta para o sensor é o que sobra da fotossíntese, do aquecimento, etc. É a energia que sobra após todas as interações com os diferentes tipos de materiais que compõem aquele dado espaço circunscrito pelo elemento de resolução. É o registro instantâneo do ambiente que permite: 1) diferenciar ambientes no espaço; 2) identificar que variáveis mais interferem na sua caracterização; 3) detectar transformações no tempo (Robinove et alii, 1982).

2. EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS AMBIENTAIS

A. DETECÇÃO DAS MODIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Existem diversos métodos para detecção de mudanças ambientais. Dados MSS/LANDSAT foram utilizados para detectar modificações no albedo de diferentes superfícies do estado do Arizona (Robinove et alli, 1982). Essa determinação foi realizada com dados sequenciais do MSS/LANDSAT cobrindo um período de 4 anos. Através da detecção de modificações de albedo, o Serviço de Manejo de Terras do Estado pode identificar áreas onde ocorreram mudanças drásticas na cobertura vegetal natural, direcionando equipes de campo para as pesquisas intensivas.

O Método do Albedo proposto por Robinove et alli (1982) é uma técnica de detecção de mudanças ambientais através de sensoriamento remoto. Baseia-se na hipótese de que a porcentagem de luz refletida da superfície aumentará com a diminuição da cobertura vegetal. A metodologia básica envolve a combinação aditiva das 4 bandas espectrais para calcular a quantidade total de luz refletida entre 500 e 1100 nanômetros. Esta quantidade é corrigida em termos de espalhamento atmosférico através da subtração do nível de cinza de

mínima radiância em cada canal e corrigida em relação a variações na elevação solar. O albedo é calculado por pixel para um par de imagens em dois diferentes períodos. A imagem menos antiga é subtraída da mais antiga de modo que a imagem resultante terá valores positivos e negativos, mostrando quanto o albedo aumentou ou diminuiu. Com isso são determinados padrões onde houve modificações substanciais do terreno.

Outro método utilizado para a detecção de mudanças ambientais é o Método da Imagem Diferença. Este método foi utilizado por Novo et alii (1986) para avaliar modificações no ambiente aquático do Rio Paraná de uma situação de cheia normal para uma situação de cheia excepcional. Para isso a imagem MSS4/LANDSAT (região do verde) referente à cheia excepcional foi subtraída da imagem referente à cheia normal. Na imagem resultante, as diferenças de nível de cinza são brutas, ou seja, incorporam tanto mudanças relativas à própria água como diferenças das condições de aquisição dos dados (atmosfera, geometria de iluminação, etc).

Esse problema é contornado utilizando-se o método do limiar. Esse método consiste em determinar a média e o desvio padrão da distribuição de níveis de cinza da imagem diferença. De posse desses parâmetros faz-se um fatiamento dos níveis de cinza tendo como critério que, a partir do

limite de "mais" ou "menos" "n" 2 desvios padrões da média, as modificações de radiância podem ser atribuídas às propriedades da água.

A classificação da imagem diferença em três classes: a) sujeita a um aumento da radiância da enchente normal para a excepcional; b) sujeita a uma diminuição de radiância da enchente normal para a excepcional; c) área sem mudanças significativas de radiância, permite identificar os setores do rio mais afetados por mudanças bruscas nas condições hidrodinâmicas da planície de inundação, e desta forma direcionar estudos de maior detalhe.

Outra técnica de detecção de mudanças é o Método de Composição Multitemporal (Eyton, 1983). É um método simples e eficiente, e tem sido utilizado para detecção de mudanças em ambientes urbanos (Niero et alli, 1984, Foresti, 1988) e em ambientes aquáticos (Florenzano, 1987).

Niero et alli (1984) identificou áreas de transformação dos ambientes urbanos a partir de composição de imagens tomadas em 3 datas diferentes cobrindo o período de 1978 a 1984 (6 anos). Foi constatado nesse trabalho a incorporação à malha urbana de extensas áreas outrora ocupadas por atividades agropecuárias. Em decorrência dessa constatação a

Secretaria de Planejamento do Município de São José dos Campos solicitou a elaboração de um mapa de Uso da Terra para o município na escala 1:100.000 a partir de dados TM/LANDSAT, como base para dirigir o crescimento urbano integrado ao desenvolvimento de outras atividades municipais tais como agricultura, turismo, recreação, etc. (Pereira et alii, 1987).

Utilizando aquela mesma técnica Florenzano (1987) mapeou áreas sujeitas a inundação catastrófica ao longo do baixo Rio Parnaíba. Superpondo a imagem de vazante à de cheia, gerou-se uma imagem composta onde as cores estão associadas às diferentes intensidades com que a água atingiu as regiões ribeirinhas. Embora o objetivo específico daquele trabalho tenha sido o de mapear áreas atingidas por inundação, essa técnica se presta a qualquer interesse de detecção de mudanças ambientais.

B. DETECÇÃO DE DIFERENCIAÇÕES ESPACIAIS NO AMBIENTE

O ambiente possui também um gradiente de modificação no espaço. Muitas vezes tais modificações são sutis e se observadas pontualmente, não são facilmente detectadas.

Um exemplo da utilização de dados de sensoriamento remoto para diferenciar ambientes é dado pelo trabalho

de Niero et alii (1982) . Nesse trabalho os autores diferenciaram 6 tipos de ambientes num setor da área metropolitana de São Paulo. Puderam inclusive, determinar diferenças ópticas entre as represas Guarapiranga e Bilings, que foram associadas às diferenças quanto à composição de água. A represa Bilings é mais poluída, mas seus poluentes estão em solução na água e se caracterizam pela absorção de radiação, enquanto a represa Guarapiranga apresenta maior carga de sólidos inorgânicos em suspensão. A maior carga de sólidos associada a um maior assoreamento de reservatório pode explicar, em parte, a redução drástica da área útil do reservatório durante a estiagem de 1985.

Finalmente tem-se o exemplo da Ilha de São Luiz sujeita a inúmeros problemas ambientais desde poluição do Golfão Maranhense, até problemas urbanos. As técnicas de Sensoriamento Remoto permitem avaliar esses problemas em escala global, bem como em escala local. A simples composição colorida de imagens TM permite identificar diferenças na qualidade d'água do Golfão Maranhense. Essas diferenças entretanto só podem ser caracterizadas a partir de trabalhos mais intensos de campo e do desenvolvimento de modelos empíricos, os quais permitem a estimativa de variáveis ambientais.

C. ESTIMATIVA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os dados de sensoriamento remoto também podem ser aplicados para estimar variáveis ambientais. A Tabela 1 apresenta uma série de modelos empíricos que permitem relacionar quantitativamente dados de sensoriamento remoto a parâmetros de qualidade de água (Bentley, 1987). Esses modelos são desenvolvidos a partir de dados de campo coletados simultaneamente à passagem do satélite. Como pode ser observado na Tabela 1, o tipo de relacionamento entre concentração de sedimentos, por exemplo, e reflectância da água é bastante variável. Esta variação está associada aos diferentes ambientes aquáticos para os quais os dados foram coletados. Estes dados também enfatizam a dificuldade de se aplicar modelos teóricos como os propostos por Gordon (1974) para a estimativa de parâmetros de qualidade d'água.

TABELA 1.

Os dados de sensoriamento remoto podem também ser utilizados para desenvolver modelos preditivos do comportamento de variáveis ambientais. Lima et alii (1987) utilizaram dados de sensoriamento remoto adquiridos para um período de 13 anos para modelar o processo de desmatamento ao longo da BR-364 na área dos projetos Ji-Paraná e Ouro-Preto. Num

segmento amostral de 18.000 Km², estimou-se que em 1977 toda a mata terá sido removida, e substituída por ambientes degradados pela ação antrópica.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos exemplos apresentados nesse trabalho fica demonstrada a adequação das técnicas de Sensoriamento Remoto ao estudo do ambiente. As técnicas disponíveis permitem caracterizar os diferentes sistemas e estimar algumas de suas propriedades. Com o aperfeiçoamento dos sistemas sensores, com a disponibilidade de novos sistemas orbitais, a tendência é de que os métodos da análise ambiental evoluam para o desenvolvimento de modelos capazes de estimar com precisão parâmetros ambientais que, atualmente, só podem ser monitorados ao nível da superfície. Para que essa fase seja atingida, entretanto, é necessário que a comunidade de pesquisadores ligada à pesquisa ambiental se disponha a reconhecer a adequabilidade da tecnologia de sensoriamento para o monitoramento do ambiente terrestre.



Figura 1 - Imagem TM/LANDSAT do Vale do Paraíba

TABELA 1

MODELOS EMPÍRICOS PARA ESTIMATIVA DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO
NA ÁGUA A PARTIR DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

(ADAPTADO DE BENTLEY, 1987)

EQUAÇÃO	Ep	n	r	LOCALIZAÇÃO
$SSC = a + b L(\lambda)$	4,76	-	0,89	James River (EUA)
$SSC = a + b_1 L(\lambda_1) + b_2 L(\lambda_2) + b_3 L(\lambda_3) + b_4 L(\lambda_4)$	-	23	0,60	várias (EUA)
$SSC = a + b_1 L(\lambda_1) + b_2 L(\lambda_2) + b_3 L(\lambda_3)$	-	29	0,61	Baía de São Francisco
$SSC = a + b_1 \log L(\lambda_1) + b_2 \log L(\lambda_2)$	-	72	0,90	Baía de São Francisco
$SSC = a + b_1 L(\lambda_1)^{d_1} / (L(\lambda_2) L(\lambda_3))$	-	9	0,94	Baía de Chesapeake
$SSC = a + b_1 L(\lambda_1) + b_2 L(\lambda_2) + b_3 L(\lambda_3) + b_4 L(\lambda_4) + b_5 L(\lambda_5) + b_6 L(\lambda_6)$	-	75	0,80	Estuário do Rio Neuse
$\log SSC = a + b ((L(\lambda_1) - L(\lambda_2)) / (L(\lambda_3) / L(\lambda_4)))$	-	8	0,83	Mar Adriático

L = radiância

λ = comprimento de onda

SSC = concentração de sedimentos em suspensão

a, b, c, d = constantes de regressão

Ep = erro padrão da estimativa

n = nº de amostras utilizadas para gerar a equação

r = coeficiente de correlação linear

4. BIBLIOGRAFIA

- BENTLEY, J.G., 1987. *Estimating Suspended Sediment Concentration from Remotely Sensed Data in the Visible Spectrum*. Sheffield: Department of Geography, University of Sheffield Report.
- CURRAN, P.J., 1986. *Principles of Remote Sensing*. London Longman.
- CURRAN, P.J.; NOVO, E.M.M., 1987. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance: a review submitted to the *Journal of Coastal Research*.
- EYTON, J.R., 1983. LANDSAT multitemporal colour composites. *Photogram. Engineering and Remote Sensing* 49(2): 231-235.
- FLORENZANO, T.G., 1987. Identificação de áreas submetidas à Inundação, através de dados TM-LANDSAT. Simpósio Latino Americano sobre Sensores Remotos, 2, Bogotá - 16-20 novembro.
- FORESTI, C. 1988. Impacto Ambiental da Expansão Urbana do Setor Oeste da Área Metropolitana de São Paulo. Simpósio Latino-Americano sobre Sensores Remotos, 2, Bogotá - 16-20 novembro.

- NIERO, M., FORESTI, C.; LOMBARDI, M.A., 1982. Utilização de dados LANDSAT no monitoramento da expansão urbana da Grande São Paulo, em áreas de proteção aos mananciais. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2, Brasília, 10-14 de maio.
- NOVO, E.M.L.M., PEREIRA, M.N.; PINTO, S.A.F., 1986. Utilização de Imagem, Diferença no Monitoramento de Qualidade da Água. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4, Gramado, 10-15 de agosto.
- PEREIRA, M.N.; NOVO, E.M.L.M.; KURKDJIAN, M.L.N.O.; D'ALGE, J.C.; FLORENZANO, T.G., J.G., 1987. Atualização do Uso da Terra do município de São José dos Campos através de dados de Sensoriamento Remoto. Relatório Final. São José dos Campos, INPE (no prelo).
- ROBINOVE, C.; BOONER, W.; ANDRESEN, K.; WALKER, L.D., 1982. Landsat Monitoring of Albedo Changes in Northwestern Arizona, 1977 - U.S.G.S. Repost 82-14.
- STHALER, A.N.; STHALER, A.H., 1973. Environmental Geoscience: Interaction Between Natural Systems and Man. Santa Barbara. Hamilton Publishing Co.
- STURM, B., 1980. Optical properties of water-applications of remote sensing to water quality determination. In: G. FRAYSSE (Ed) *Remote Sensing Applications in Agriculture and Hidrology*. Rotterdam: A.A. Balkema, 431-495.

- GORDON, H.R., 1974. Mie theory of light scattering by ocean particulates. In: R.J. Gibbs (Ed.) *Suspended Solids in Water*. New York: Plenum Press, 73-86.
- JERLOV, N.G., 1976. *Marine Optics*. Amsterdam. Elsevier.
- KIRK, J.T.O., 1983. *Light and Photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge. Cambridge University Press.
- LIMA, E.R.V., BUCCI, E.F.B.; NOVO, E.M.L.M.; FILHO, R.A.; COSTA, S.M.F., 1987. A importância de dados de sensoriamento remoto orbital na avaliação do processo de transformação do espaço: o Exemplo de Rondônia. Simpósio Latino Americano sobre Sensores Remotos, 2, Bogotá, 16-20 de novembro.
- MOORE, G.K., 1977. Satellite surveillance of physical water-quality characteristics. *Proceedings of the 12th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. Ann Arbor: University of Michigan, 445-461.
- NIERO, M.; OLIVEIRA, M.L.N. de; FORESTI, C.; LIMA, V.M.B., 1984. Aplicação de composições multitemporais obtidas a partir de dados LANDSAT no estudo do crescimento urbano. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 3, Rio de Janeiro, 25-28 de novembro.