

ESTUDO PRELIMINAR SOBRE A VIABILIDADE DE DETECÇÃO  
DE MACRÓFITAS FLUTUANTES ATRAVÉS DE PROCESSAMENTO  
DIGITAL DE DADOS DO MSS/LANDSAT

Dalton de Morisson Valeriano

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Caixa Postal 515 - 12200 - São José dos Campos - SP - Brasil

RESUMO

Descreve-se a avaliação da viabilidade de mapear, através de processamento digital de dados do MSS/LANDSAT, as áreas ocupadas por macrófitas flutuantes (predominante mente aguapé: *Eichornia crassipes*) na represa de Salto Grande em Americana, SP. A área ocupada pelas macrófitas foi extraída por exclusão após a superposição de duas máscaras temáticas que representam a área da lâmina d'água sem cobertura vegetal. Uma das máscaras foi obtida de uma data em que a cobertura de macrófitas é insignificante e a outra, de um episódio de grande infestação. Conclui-se que a utilização de técnicas de processamento digital de dados do MSS/LANDSAT, para documentar infestações de macrófitas, só é viável quando o fenômeno ocupa grandes extensões.

ABSTRACT

This paper describes the feasibility study of mapping the floating macrophytes (mostly water hyacinth: *Eichornia crassipes*) in the Salto Grande reservoir in Americana, SP, by means of digital processing of MSS/LANDSAT data. The area occupied by the macrophytes was extracted by exclusion after the merging of two thematic masks representing the area of vegetation-free water surface. One of the masks was obtained from a date when the vegetal cover is insignificant, while the other represents a large infestation episode. One concludes that the utilization of digital processing of MSS/LANDSAT data techniques for the documentation of macrophytes infestation is feasible only when the phenomenon occurs in large areas.

1. INTRODUÇÃO

A represa de Salto Grande do rio Atibaia, situada no município de Americana, SP (47° 15'0, 22° 43'S), representa grande incidência de infestações de macrófitas flutuantes com predominância de aguapé (*Eichornia crassipes*).

Os problemas derivados de infestações de macrófitas flutuantes podem ser agrupados nos seguintes grupos:

a) Hidrológicos

A taxa de evapotranspiração de um dossel de macrófitas é muito maior que a taxa de evaporação de uma superfície d'água, o que faz com que a perda d'água pela represa seja significativamente alta quando coberta pelas macrófitas.

b) Ecológicos

A cobertura de Macrófitas Flutuantes (M.F.) impede a penetração de luz na lâmina d'água, diminuindo assim a quantidade de fitoplâncton e a disponibilidade de alimentos à comunidade planctívora (zooplâncton, peixes filtradores e alevinos de peixes), o que provoca uma perturbação na cadeia alimentar do corpo d'água.

c) De qualidade da água

A constante deposição de matéria orgânica morta por parte da comunidade de M.F. promove o aumento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Este fenômeno, aliado à diminuição da taxa de trocas gasosas na superfície da lâmina d'água, devido ao aumento da espessura da camada limite, decorrente da presença do dossel de M.F., reduz o teor de oxigênio da água, tornando-a inadequada a diversas espécies de animais aquáticos.

A decomposição dessa matéria orgânica produz ácido carbônico e outros ácidos húmicos, o que aumenta o potencial redutor da água, que acelera a taxa de corrosão em metais. Gastos com manutenção de turbinas, comportas e outros são consequências típicas de infestações de M.F. em represas hidrelétricas.

d) De qualidade ambiental

A decomposição da matéria orgânica em ambiente redutor promove a formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), cujo odor desagradável atinge principalmente a população ribeirinha.

A presença de densos dosséis de M.F., prejudica a hidronavegação, chegando até, em alguns casos graves, inviabilizá-la no corpo d'água infestado.

A solução encontrada para o controle populacional das M.F. pela Companhia Energética de São Paulo (CESP), órgão responsável pela operação da represa de Salto Grande, foi a de aproveitar a sua biomassa na produção de gás metano através da biodigestão.

A fim de programar a coleta de biomassa para biodigestão, a CESP necessita de inventários periódicos da área ocupada por M.F. Como a periodicidade requerida é da ordem de 10 a 20 dias, a solução mais econômica para o inventário seria a utilização de dados do MSS/LANDSAT.

A bibliografia sobre a aplicação de dados do MSS/LANDSAT ao mapeamento da cobertura de M.F. não permite concluir sobre a viabilidade da utilização deste produto de sensoriamento remoto a este tipo de tarefa. Por exemplo; enquanto Biña et alii (1978) documentam o mapeamento bem sucedido de vários eventos de infestação por aguapé em lagoas das Filipinas, Link e Long (1978) não recomendam a utilização de dados orbitais ao mapeamento de comunidades de macrófitas, devido à sua baixa resolução espacial em relação ao objeto de estudo. Estes autores sugerem a aplicação de técnicas de processamento digital para compensar esta deficiência.

Diante disto, foi necessário então, realizar um estudo preliminar analisando a viabilidade da detecção de M.F. com o uso de técnicas de processamento digital de imagens multiespectrais disponíveis no INPE, aplicadas a dados do MSS-LANDSAT.

Assim, este trabalho descreve o desenvolvimento deste estudo, apresenta seus resultados e propõe uma metodologia para calcular de modo rápido a área ocupada por macrófitas em uma represa.

## 2. MATERIAIS

Os materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho são:

- CCT com dados do MSS/LANDSAT:

ÓRBITA/PONTO	PASSAGENS
164/28	26.06.76
164/28	10.09.77
164/28	11.03.81
164/28	02.08.81

- Analisador de Imagens Multiespectrais Image-100 (I-100).

- Mosaicos de recobrimentos aerofotográficos da represa de Salto Grande, cedidos pela CESP, realizados em:

07.06.1980  
02.08.1980  
01.02.1981  
27.02.1981  
23.03.1981

- Relatório sobre a área de cobertura de aguapé próximo à barragem de Salto Grande, realizados pela CESP, no período de 02 de julho de 1980 até 26 de junho de 1983.

## 3. METODOLOGIA

Os dados MSS/LANDSAT utilizados não foram selecionados exclusivamente para este trabalho, pois os aproveitados já estavam disponíveis em CCT na fitoteca do INPE. Como as datas das passagens de satélite utilizadas não coincidiam com as datas dos aerolevantamentos, o trabalho teve que ser desenvolvido sem informações de verdade terrestre.

Para cada passagem utilizada, ampliou-se para escala de 1:50.000, no monitor de TV do sistema I-100, o segmento da cena que contém a represa estudada. As Figuras de 1 a 4 são composições coloridas (MSS4 - azul, MSS4 - verde e MSS7 - vermelho) destas ampliações.



Fig. 1 - Represa do Salto Grande em 26.06.1976



Fig. 2 - Represa do Salto Grande em 10.09.1977

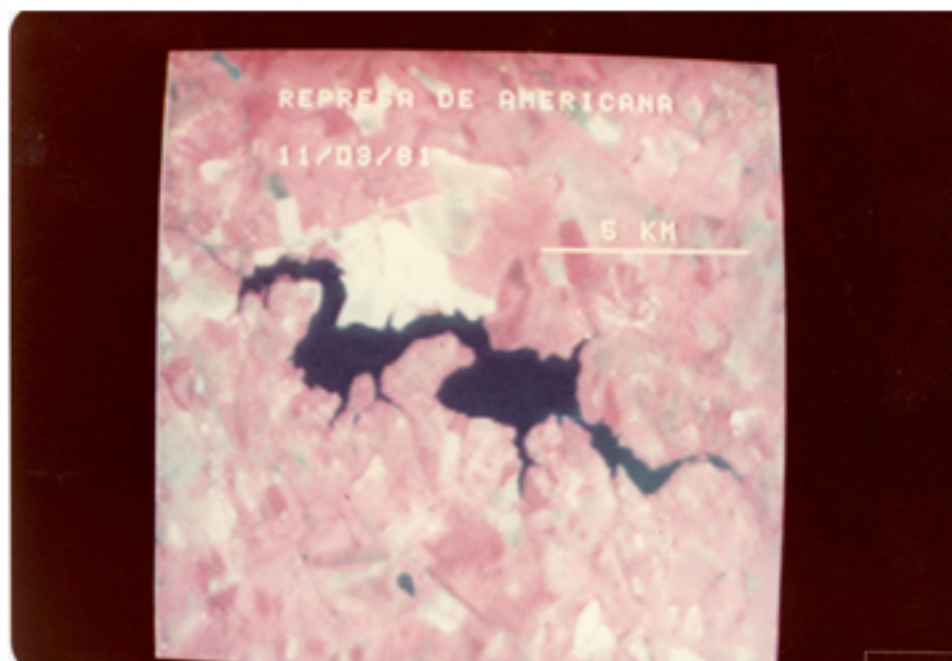


Fig. 3 - Represa do Salto Grande em 11.03.1981.

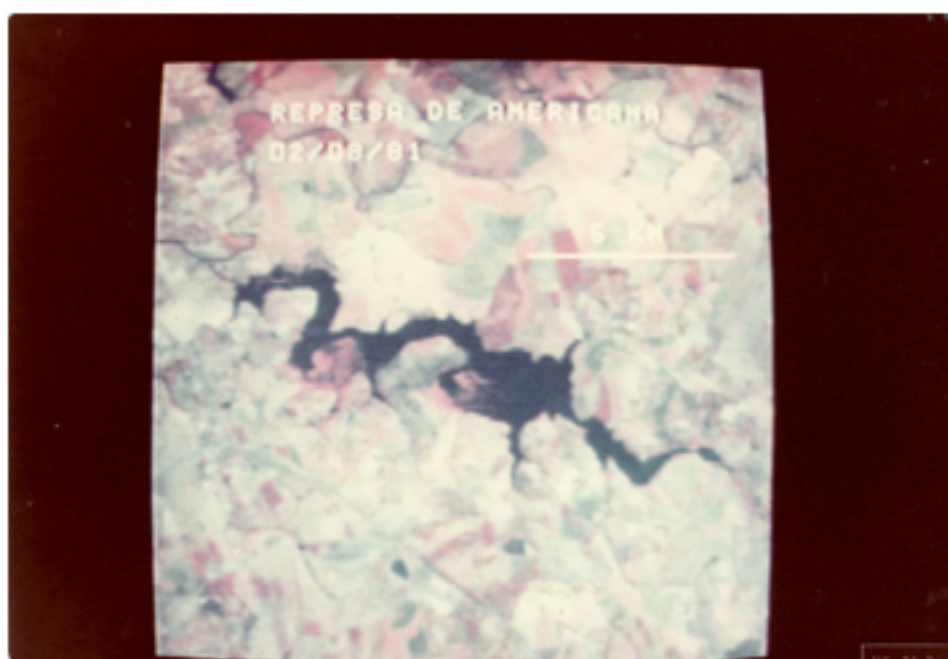


Fig. 4 - Represa do Salto Grande em 02.08.1981.

A presença de aguapé pôde ser facilmente observada nas datas de 10.09.1977 e 02.08.1981 (manchas vermelhas dentro da represa), mas não nas outras duas. A cena de 10.09.1977 foi desprezada devido a um defeito de gravação (repetição de linhas) que aparecem no extremo superior da represa. Portanto, o desenvolvimento do método para calcular a área de M.F. foi realizado na cena de 02.08.1981.

A aplicação de técnicas de classificação digital de imagens no mapeamento direto de M.F. em corpos d'água apresentou os seguintes inconvenientes:

- a assinatura espectral das M.F. nas faixas de sensibilidade do MSS/LANDSAT confunde-se com as de outros alvos na cena.
- quando próximas às margens da represa, as manchas de aguapé impedem a delimitação da área da própria represa.

Como consequência disso, foi necessário o desenvolvimento de uma metodologia que fosse capaz de delimitar a área da represa e calcular a área ocupada por aguapé.

Assim, utilizou-se a cena de 26.06.1976 para realizar a delimitação do reservatório. Para tal, foram selecionadas amostras de treinamento sobre a represa, e os parâmetros extraídos foram fornecidos ao algoritmo "Single-Cell". As áreas alarmadas pelo algoritmo foram atribuídas a um dos temas do sistema I-100. Os pontos alarmados não pertencentes à represa em estudo foram apagados com uso do algoritmo "Limpar".

Com isso, produziu-se uma máscara que representava a área da represa. Sua área total foi calculada e a sua representação temática gravada na memória do sistema. A Figura 5 é uma representação desta máscara superposta ao canal MSS 7 da cena estudada.

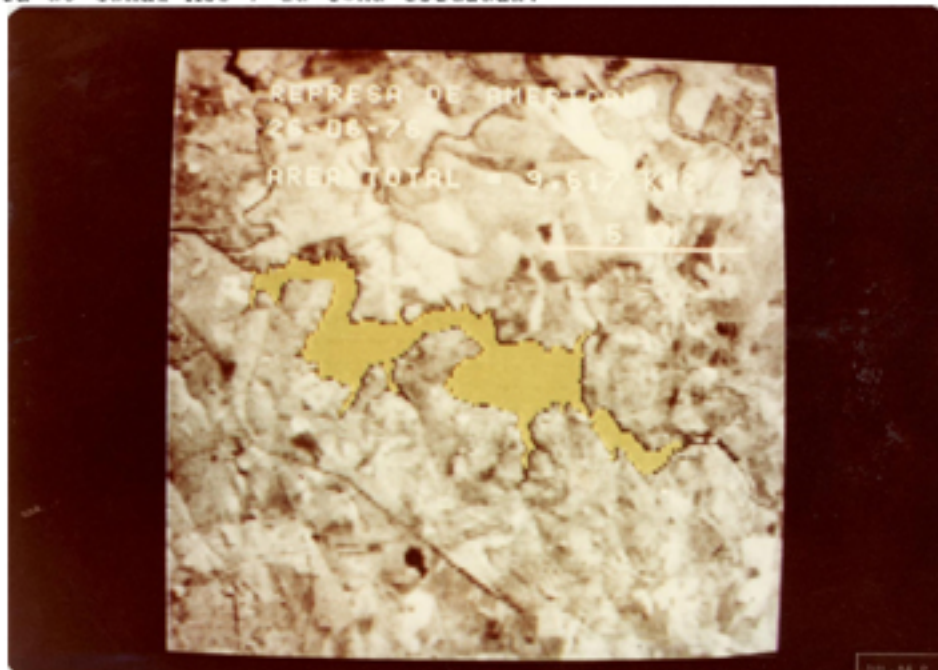


Fig. 5 - Máscara temática da represa de Salto Grande superposta ao canal MSS 7.

Em seguida foi realizado o registro do canal MSS 7 da cena de 02 de agosto de 1981 com mesmo canal da cena de 26 de junho de 1976. Utilizou-se o algoritmo "Registro", ao qual foi requerido um ajuste através de equação de primeiro grau e foram fornecidos dez pontos de controle.

Ao canal MSS 7 registrado de 02 de agosto de 1981 foi aplicado o algoritmo "Single-Cell", e as amostras de treinamento foram selecionadas em partes da represa livre de cobertura de M.F.

As áreas alarmadas por este procedimento foram transferidas para outro tema do sistema I-100, os pontos espúrios (não-pertencentes à represa) foram apagados e a área obtida foi calculada. A diferença entre as áreas das máscaras corresponde à área ocupada por aguapé na cena de 02 de agosto de 1981.

Uma superposição destas duas máscaras sobre o canal MSS 7 de 02 de agosto de 1981 é apresentada na Figura 6. Os pontos pertencentes às duas máscaras estão assinalados em vermelho, enquanto a cobertura de aguapé é representada por tons de amarelos claros e verdes.

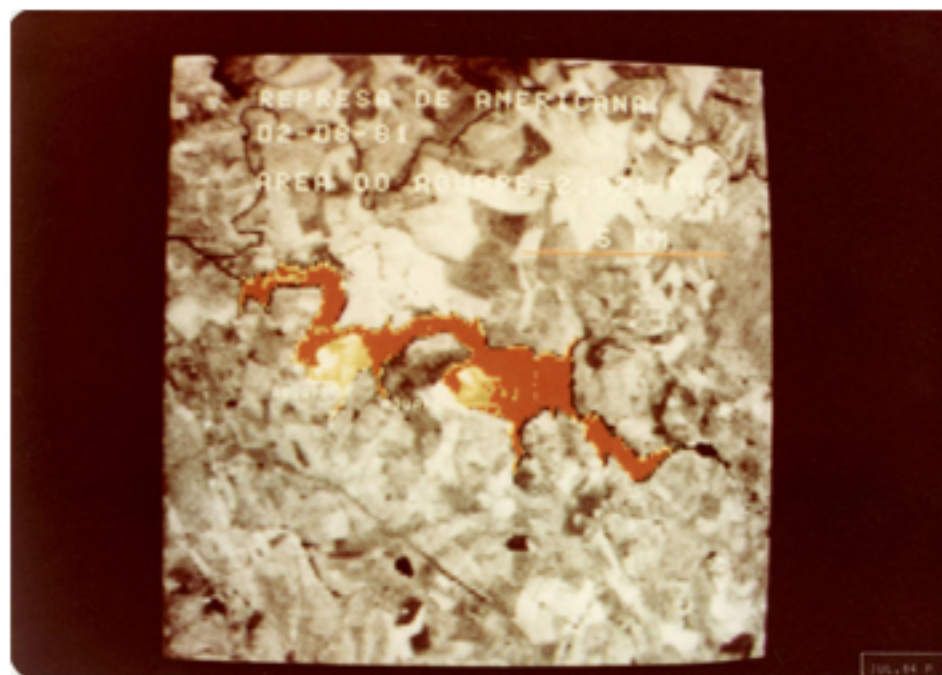


Fig. 6 - Cobertura de aguapé mapeada.

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A ausência de cobertura de M.F., observada nas Figuras 1 e 3, não condiz com as informações fornecidas pelos técnicos da CESP de que existe a presença de aguapé durante todo o ano, mesmo que esta seja como uma estreita franja em torno da represa ou como clones esparsos. Na maioria dos casos, estas incidências ocupam áreas menores que o "pixel" do sensor. A solução para o cálculo da área de feições menores do que a unidade de resolução do sensor (no caso do MSS/LANDSAT esta é de 56 x 79 m) é a utilização de algoritmos de cálculo de proporções de classes dentro dos "pixels". Estes algoritmos, além de estarem em fase experimental, exigem informação sobre as assinaturas espectrais dos alvos em questão. Como a as

sinatura espectral da água da represa é variável temporal (as mudanças ocorridas podem ser vistas entre as Figuras 1 e 3) e espacialmente (observe a Figura 2), a medição deste parâmetro deve ser feita simultaneamente a cada passagem do satélite em vários pontos da represa, o que onera o trabalho e inviabiliza a sua operacionalidade.

Observa-se na Figura 6 a detecção de M.F. ao longo de quase toda a margem da represa. Apesar de ser possível a presença de uma franja de água p<sub>ê</sub> ao longo da margem, atribui-se esta detecção a erros de procedimento de registro entre as duas cenas. Dependendo da qualidade do par da cena ser registrado, pode-se encontrar erros de 1 a 2 "pixels". Este erro faz com que a superposição das duas máscaras não seja perfeita e a presença de M.F., falsamente acusada.

Para grandes infestações como a observada na passagem de 02 de agosto de 1981, esse erro pode ser desprezado. Entretanto, para o mapeamento de médias incidências de MF. como a que ocorre na Figura 2, esse erro comprometeria o resultado final do cálculo da área.

Para o caso em que a detecção de M.F. foi possível ser realizada, o método aplicado mostrou-se válido no que diz respeito a confiabilidade dos resultados e à rapidez na sua obtenção.

Uma vez obtida e arquivada em memória a máscara que representa a área total da represa, o procedimento restante resume-se no registro das cenas (cerca de 30 minutos) e no mapeamento da área da lâmina d'água livre de M.F. através do algoritmos "Singel-Cell" (de 2 a 3 minutos).

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Deste estudo preliminar sobre a viabilidade de detecção de macrófitas flutuantes em represas, através de processamento digital de dados do MSS/LANDSAT, conclui-se que:

- A resolução espacial do sensor MSS/LANDSAT não é apropriada a detecção de pequenas incidências de M.F. ocorrentes na represa em estudo.
- A aplicação de algoritmos de cálculo de proporções de classes dentro de "pixels" é inviabilizada pela dinâmica da resposta espectral da água.
- O resultado do cálculo de área de médias infestações pela metodologia apresentada é prejudicado pelas imperfeições inerentes ao processamento de registro de imagens.
- Para grandes infestações de M.F., o seu mapeamento e o cálculo de sua área de ocupação são feitos de modo rápido, simples e produz resultados com pequena margem de erro.

Finalmente recomenda-se a retomada deste estudo quando os dados do sensor "Thematic Mapper" do satélite LANDSAT-5 estiverem disponíveis. A resolução espacial mais apurada (30 x 30 cm) e a sensibilidade em sete faixas espectrais certamente melhorarão os resultados obtidos.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- BIÑA, R.T.; JARA, R.; LORENZO, E.; JESUS, JR, B. Detection and monitoring of water hyacinth (*Eichornia crassipes*) infestation in laguna de Bay through multispectral digital analysis of LANDSAT imageries. In: ERIM Twelfth International Symposium on Remote Sensing of Environmet. Ann Arbor, Apr. 20-26, 1978. *Proceedings*. v. 3, p. 1791-1798.
- LINK, L.E.; LONG, K.S. Large scale demonstration of aquatic plants mapping by remote sensing. In: ERIM Twelfth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Arbor, MI, Apr. 20-26, 1978. *Proceedings*. v. 2, p. 907-915.