

## **Análise temporal dos impactos antrópicos e da regeneração natural em manguezais da ilha Barnabé (Baixada Santista, SP, Brasil) obtida através de fotografias aéreas**

Ricardo Palamar Menghini <sup>1</sup>  
Marília Cunha-Lignon <sup>1</sup>  
Clemente Coelho Júnior <sup>1</sup>  
Yara Schaeffer-Novelli <sup>1</sup>

<sup>1</sup> BIOMA/IOUSP – Centro de Ensino e Informação sobre Zonas Úmidas Costeiras Tropicais com ênfase no Ecossistema Manguezal (menghini@usp.br, cunham@usp.br, ccoelhojr@uol.com.br novelly@usp.br).

### **Abstract**

Aerial photographs constitute a most valuable tool to study the dynamics of mangrove forests. They usually constitute the only retroactive basis of comparison to actual mangrove vegetation data. The Baixada Santista and Santos Estuary are located in the central portion of the São Paulo State coastline (23°55'S). It is a typical tropical coastal environment dominated by extensive mangroves areas despite the intensive harbor and heavy industrial activities, and their location within a continually evolving human landscape. In the present study the dynamic of a mangrove area in Barnabé Island was investigated using sequential aerial photographs (1962, 1972, 1994 and 2003) using Spring software. Gaps in mangrove forests were observed probably caused by human activities. Regenerative processes were observed in some gaps. It is suggested that more extensive (long-term) monitoring studies on impacted mangroves must be developed as effective tools helping to understand the response of systems exposed to human-induced stressors.

**Palavras-chave:** mangroves, remote sensing, human impacts, regenerative processes, manguezais, sensoriamento remoto, impactos antrópicos, regeneração natural.

### **1. Introdução**

Técnicas de sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica (*SIG*) e uso de *GPS* fornecem informações de comparação do estado atual de áreas naturais com o passado, possibilitando projeções antecipadas de impactos ou alterações de uma dada região, auxiliando desta forma medidas mitigadoras com vistas ao gerenciamento costeiro de uma região (Dahdouh-Guebas, 2002).

Blasco et al., (1998) afirmam que o tratamento de fotografias aéreas com técnicas de sensoriamento remoto é atualmente uma das melhores ferramentas para analisar impactos naturais e/ou antrópicos em bosques de mangue e atualmente esta ferramenta tem sido muito utilizada, principalmente pela facilidade de aquisição de fotografias em uma grande escala temporal, ao contrário das imagens de satélite (Dahdouh-Guebas et al., 2000, 2004; Verheyden et al., 2002).

A Baixada Santista encontra-se na região central do litoral de São Paulo (23°55'S). É um típico ambiente costeiro tropical dominado por extensos manguezais. Entretanto, o sistema vem sofrendo intenso processo de alteração ambiental devido a atividades industriais e portuárias, além da ausência de planejamento urbano.

Com intuito de ampliar a abrangência dos estudos sobre a capacidade de regeneração da cobertura vegetal dos bosques de mangue impactados da Ilha Barnabé, feitos por Menghini (2004), o presente trabalho selecionou fotografias aéreas verticais, de diferentes datas, afim de

contribuir com uma análise das alterações na paisagem com uso de técnicas de sensoriamento remoto.

## 2. Materiais e Métodos

A região metropolitana da Baixada Santista engloba os municípios de Praia Grande, São Vicente, Cubatão, Santos, Guarujá e Bertioga. Este setor do litoral de São Paulo apresenta, basicamente, duas formações geológicas principais: a área da escarpa da Serra do Mar e a planície sedimentar litorânea.

A proximidade com a Serra do Mar responde pelas características dos rios que deságuam na região, cujos fluxos são rápidos e intensos. Esta energia é perdida quando os cursos de água chegam à planície costeira. Como resultado, córregos e canais são formados gerando uma complexa rede hidrológica, transformando vastas regiões em áreas úmidas sob influência de efetivo aporte de água doce e de águas salgadas trazidas pelas marés. Esse ambiente costeiro tropical torna-se propício ao desenvolvimento de extensos manguezais (Goldentein, 1972).

A forma de ocupação industrial e portuária, juntamente com a falta de planejamento no que tange ao crescimento das áreas urbanas, são os principais meios de alteração da paisagem na Baixada Santista.

A Ilha Barnabé encontra-se localizada, na parte central do estuário de Santos, reunindo o maior volume de produtos químicos do Brasil em uma mesma área (cerca de 170 milhões de litros).

Foram utilizadas fotografias aéreas da região da Baixada Santista referentes aos anos de 1962, 1972 e 1994 pancromáticas na escala 1:25.000 e quatro fotografias aéreas de 2003 coloridas na escala de 1:10.000. Foi realizado escaneamento nas fotografias (1962, 1972 e 1994) em scanner AO modelo ScanPlus III (1200t), com resolução de 600 dpi. As fotografias aéreas de 2003 já foram adquiridas em formato digital.

Para efetuar o georeferenciamento das fotografias aéreas, utilizou-se carta topográfica do município de Santos com escala de 1:50.000 em formato digital. Para o tratamento das fotografias aéreas foi utilizado o programa *SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Geográficas – INPE), versão 4.3 para *Windows*. Esse SIG foi desenvolvido a partir de 1991, a fim de monitorar alterações naturais e antrópicas em regiões do Brasil (Camara et al., 1996).

No IMPIMA, os arquivos das fotografias aéreas (formato TIF) foram transformados em arquivos GRIB, assim como da carta topográfica do município de Santos.

Foi realizado tratamento digital das fotografias aéreas no *SPRING*. O registro da carta topográfica foi realizado no modo teclado. As fotografias aéreas foram registradas no modo tela, sendo que a do ano de 1962 foi registrada a partir da carta topográfica já registrada; 1972 a partir de 1962 já registrada; de 1994 a partir de 1972 já registrada e as de 2003 a partir de 1994 já registrada. Realizou-se um mosaico com as quatro fotografias aéreas de 2003 para poder englobar a Ilha Barnabé e seus arredores.

O retângulo envolvente do projeto, que inicialmente era referente à carta topográfica, foi reduzido a fim de detalhar a Ilha Barnabé. Os contrastes das fotografias aéreas de 1962, 1972 e 1994 foram tratados utilizando o realce linear.

Foram feitas composições coloridas das fotografias aéreas de datas diferentes, a fim de destacar: ampliações de áreas portuárias, construções de ferrovias e estradas, assim como os respectivos impactos causados nos manguezais da região em decorrência de tais construções e avaliar a capacidade de regeneração natural destes manguezais.

### 3. Resultados

O registro tanto da carta topográfica como das fotografias aéreas (1962, 1972, 1994 e 2003) se mostrou eficaz, apresentando baixos valores de erro dos pontos de controle. Cabe destacar aqui que este procedimento de registro, sempre a partir de uma data anterior auxiliou o procedimento de registro das fotografias aéreas.

Foram geradas cartas no SCARTA de cada data (1962, 1972, 1994 e 2003), assim como das composições coloridas de 1962/1972, 1972/1994 e 1994/2003.

Na foto aérea de 1962 (**Figura 1**), podemos ver que a Ilha Barnabé possuía ocupação apenas na sua porção sul, onde já existiam empresas operando (note os tanques, que aparecem na foto aérea como grandes círculos brancos), além de uma estrada que corta a parte sul da Ilha. Os manguezais da porção norte e leste da Ilha, ainda não apresentavam sinais claros de degradação.

A foto aérea de 1972 (**Figura 2**), mostra claramente o início da construção de uma estrada de acesso a Ilha, ligando esta a Rodovia SP-055. Pode-se notar também uma ampliação da área dos terminais que operam na Ilha na porção sul, aterrando desta forma área de manguezal. Estas diferenças ficam claras na composição colorida de ambas as datas. A fotografia aérea de 1962 em verde e a de 1972 em azul (**Figura 3**).

As maiores alterações na paisagem foram observadas na fotografia aérea de 1994 (**Figura 4**), assim como na composição colorida das datas de 1972 em verde e a de 1994 em azul (**Figura 5**).

Neste período (1972 a 1994) podemos ver a estrada de acesso a Rodovia SP-055 construída no sentido sudoeste-nordeste e uma ferrovia cortando toda a extensão da Ilha sentido sudeste-noroeste. Estas duas construções juntamente com a antiga estrada que cortava a Ilha na porção sul, interferiram na circulação, tanto da maré, como da drenagem em parte da Ilha, formando uma lagoa artificial aprisionada por estas três construções no centro da Ilha.

Nas mesmas figuras, a degradação dos manguezais da porção norte e leste da Ilha em decorrência destas construções é nítida. Podemos observar uma grande quantidade de clareiras no dossel da vegetação.

Outra construção que fica nítida é a ampliação das empresas que operam na Ilha, em 1972, nota-se apenas o aterro e na de 1994 a construção já realizada (**Figuras 3, 4 e 5**).

A fotografia aérea de 2003 (**Figura 6**) pelo fato de ser colorida e estar numa escala menor facilitou muito a observação de maiores detalhes quanto ao estado de conservação dos manguezais. Podemos observar que parte das clareiras no dossel dos manguezais que eram visíveis na fotografia aérea de 1994 (**Figura 4**) não podem mais ser observadas em 2003 (**Figura 6**).

A localização exata das áreas de regeneração da cobertura vegetal, assim como das clareiras ainda presentes na área são facilmente observadas na composição das fotografias aéreas de 1994 e 2003 (**Figura 7**). Nesta composição colorida, ao contrário das anteriores, utilizou-se a fotografia aérea de 1994 em azul e a de 2003 em verde, isto foi fundamental para destacar as áreas onde ocorreu regeneração natural nas clareiras do dossel. Esta carta gerada, será fundamental para um trabalho de campo posterior, a fim de caracterizar estruturalmente a vegetação e analisar com maiores detalhes os processos de regeneração natural que está ocorrendo neste manguezal.

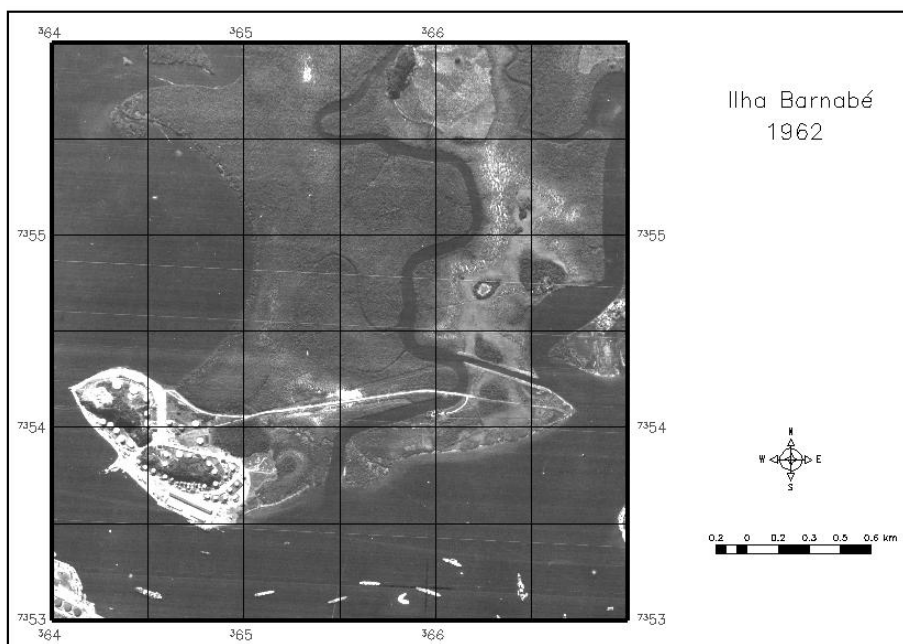


Figura 1 – Fotografia aérea de 1962.

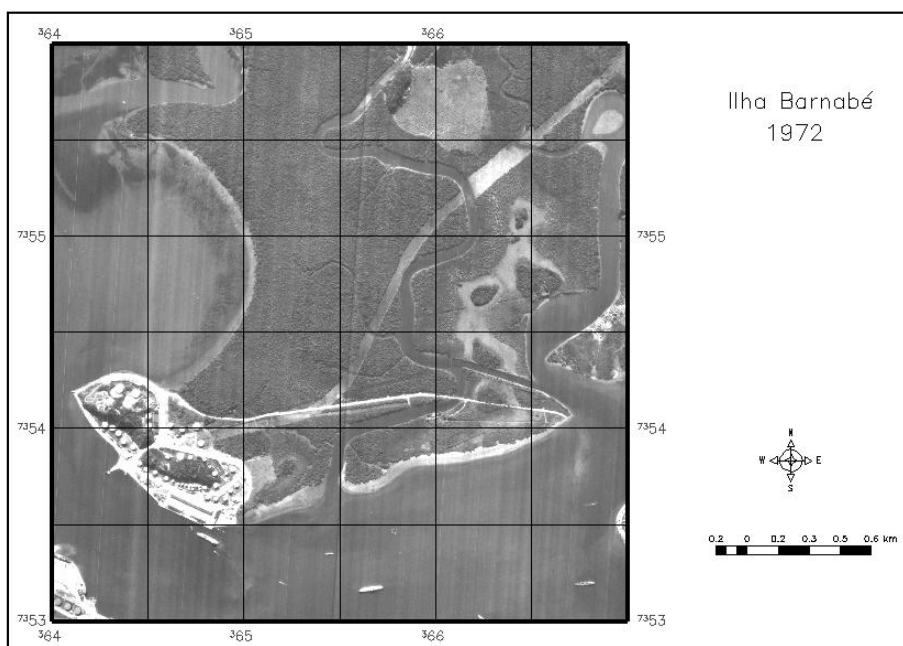


Figura 2 – Fotografia aérea de 1972.

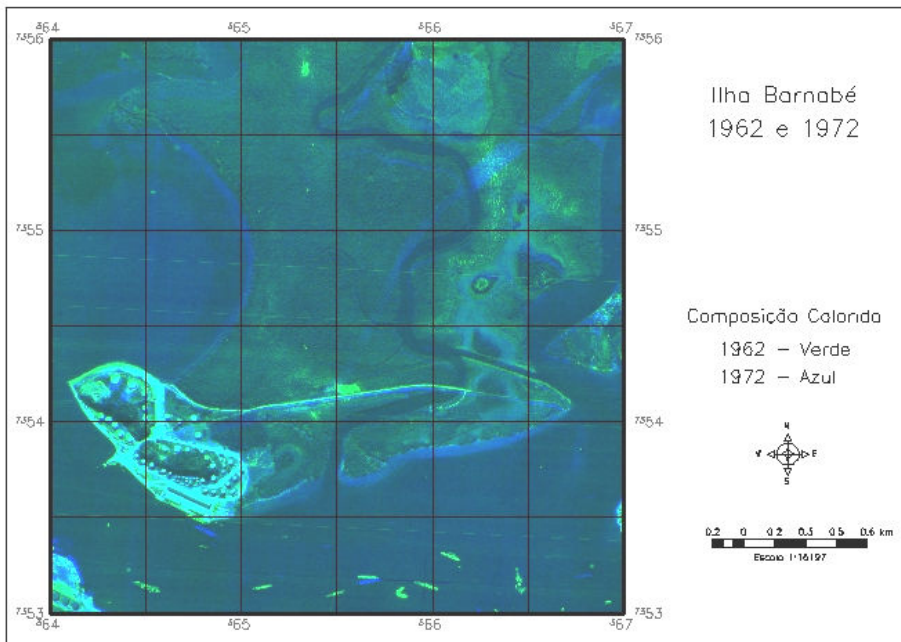


Figura 3 – Composição colorida das fotografias aéreas de 1962 e 1972.

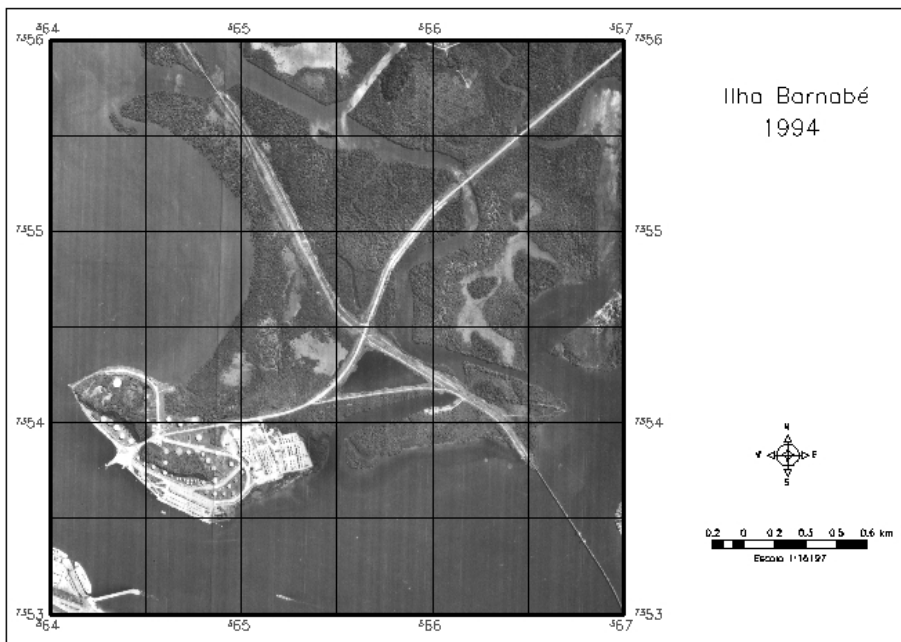


Figura 4 – Fotografia aérea de 1994.

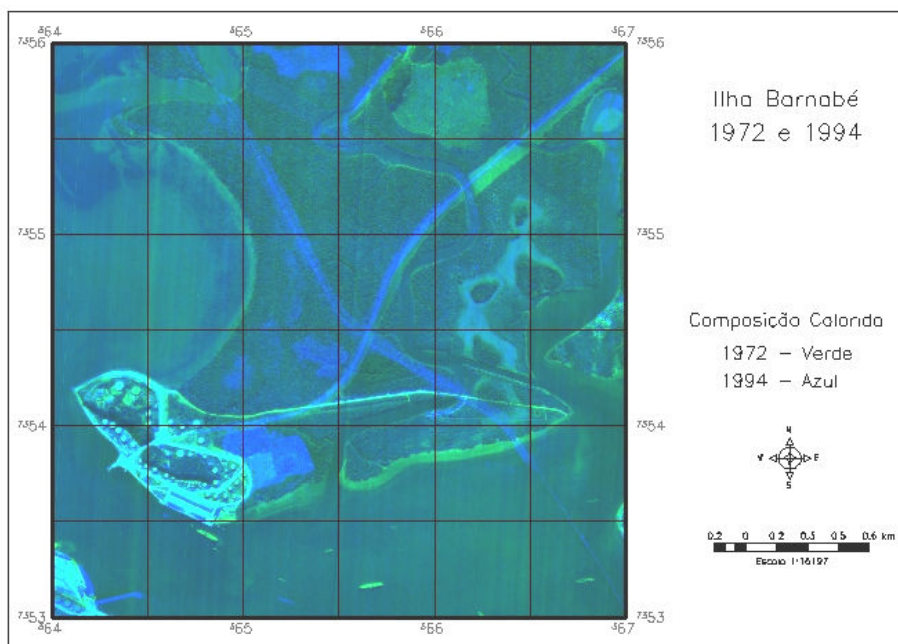


Figura 5 – Composição colorida das fotografias aéreas de 1972 e 1994.

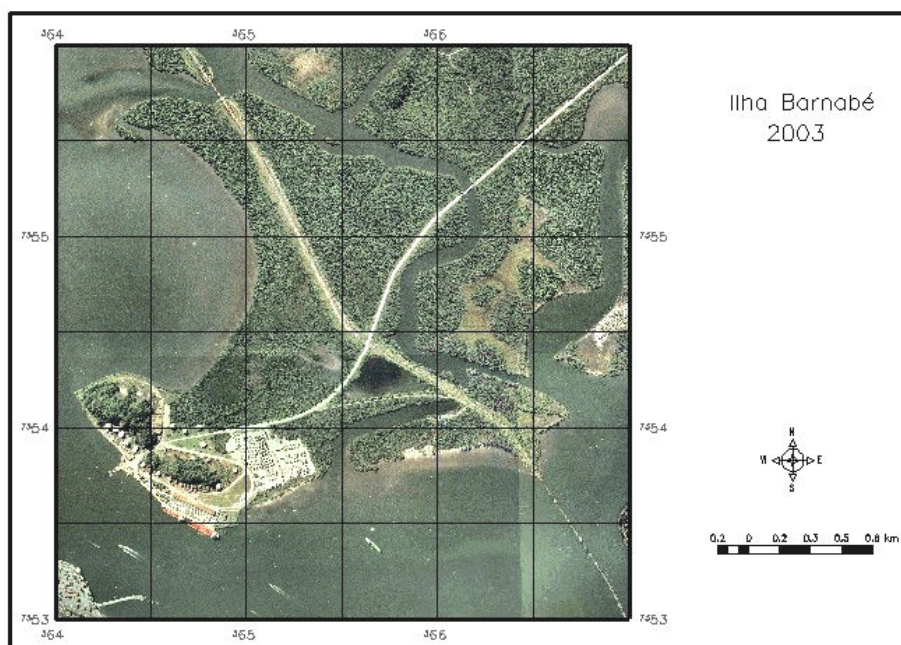


Figura 6 – Fotografia aérea de 2003.



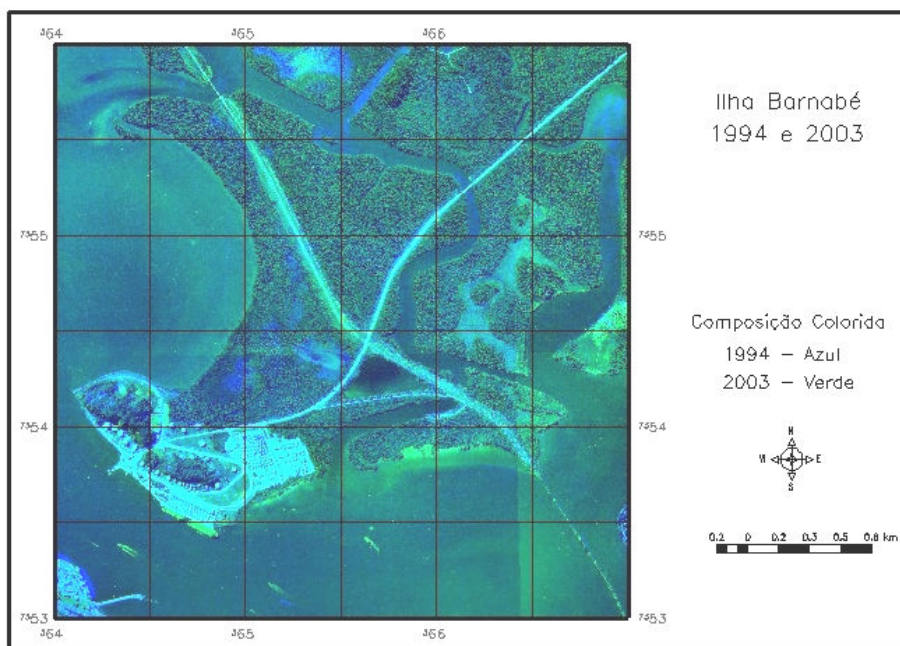


Figura 7 – Composição colorida das fotografias aéreas de 1994 e 2003.

#### 4. Discussão

Há um limiar em que o ecossistema pode adaptar-se naturalmente sobre a ação de tensores naturais, entretanto, tensores induzidos pelo homem tendem a ser não seletivos, aleatórios e de grande intensidade, sendo que a capacidade de um sistema regenerar depende da disponibilidade de energia suficiente para reorganizar a estrutura, e das condições ambientais em que o sistema encontra-se inserido (Lugo & Snedaker, 1974; Lugo, 1978).

Os manguezais da Ilha Barnabé, mostraram pela análise das fotografias aéreas, uma capacidade de regeneração, porém, limitada pelo tamanho das clareiras formadas no dossel da vegetação. Podemos notar que algumas pequenas clareiras, visíveis na fotografia aérea de 1994, apresentaram um processo de sucessão secundária e na fotografia aérea de 2003 aparecem praticamente regeneradas.

Isto se deve ao fato que os manguezais, assim como muitas florestas, são dinâmicos, possuem crescimento contínuo e constantemente se restabelecem e se renovam, isto devido a uma combinação de atributos e estratégias de crescimento que promovem sua sobrevivência, estabelecimento e regeneração em clareiras dentro do bosque (Duke, 2001).

Porém nota-se também que uma clareira de proporções maiores que as demais, não apresentou a mesma taxa de regeneração.

Esta observação é importante, porque segundo Duke (op. cit.), quando um impacto é muito severo, causando uma grande mortandade de árvores, ele pode exceder a taxa de regeneração do ecossistema, resultando no colapso de extensas áreas de manguezal. Porém só será possível concluir isto com um monitoramento a longo prazo desta área.

Lugo (1999) cita a importância de se realizar estudos em manguezais alterados, visto que este foco de pesquisa tem sido ignorado pelos pesquisadores, e são estes estudos que irão determinar quais os atributos mais resilientes a ação de tensores e são imprescindíveis à formulação e implantação de projetos de recuperação de manguezais.

A área estudada, por ser localizada às margens do Porto de Santos, constantemente é alvo de empreendimentos que visam à expansão da área portuária. Estas construções geralmente são realizadas sobre manguezais já degradados. O presente estudo mostra claramente que mesmo um manguezal que apresente condições claras de degradação, pode se regenerar naturalmente.

## 5. Conclusões

A regeneração parcial das clareiras formadas no dossel dos bosques de mangue da Ilha Barnabé mostra claramente que estes manguezais localizados em área onde a incidência de tensores antrópicos pode ser considerada crônica, possuem uma grande capacidade de regeneração e continuam a desempenhar importante papel ecológico

O uso das técnicas de sensoriamento remoto disponíveis no *SPRING*, utilizando fotografias aéreas de diferentes datas numa escala temporal, se mostrou eficiente ferramenta no estudo dos impactos causados pelas intervenções humanas ao ecossistema manguezal, assim como sua capacidade de regeneração, auxiliando na gestão costeira da região da Baixada Santista.

## 6. Referências Bibliográficas

- Blasco, F.; Gauquelin, M. Rasolofoharino, J.; Denis, J.; Aizpuru, M. & Caldairou, V. 1998. Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. **Marine Freshwater Research**. 49(4): 287-296.
- Camara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. & II, F. M. 1996. Spring: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, 20(3): 395-403, may-jun.
- Dahdouh-Guebas, F. 2002. The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystems. **Environment, Development and Sustainability**, 4: 93-112.
- Dahdouh-Guebas, F.; Verheyden, A.; De Genst, W.; Hettiarachchi, S. & Koedam, N. 2000. Four decades vegetation dynamics in Sri Lankan mangroves as detected from sequential aerial photography: a case study in Galle. **Bulletin of Marine Science**. 67(2): 741-759.
- Dahdouh-Guebas, F.; Van Pottelbergh, I.; Kairo, J. G.; Cannicci, S. & Koedam, N. 2004. Human-impacted mangroves in Gazi (Kenia): predicting future vegetation based on retrospective remote sensing, social surveys, and tree distribution. **Marine Ecology Progress Series**. 272: 77-92.
- Duke, C. N. 2001. Gap creation and regeneration processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands and Ecology Management**. (9): 257-269.
- Goldentein, L. 1972. **A industrialização da Baixada Santista**. Coleção de teses e monografias, nº 7. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia. São Paulo, SP. 342p.
- Lugo, A. E. 1978. Stress and Ecosystems. pp. 62-98. In: J. H. Thorp & J. W. Gibbons (eds.), **Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems**. DOE. Symposium Series. National Technical Information Service, Springfield, USA.
- Lugo, A.E. 1999. Mangrove ecosystem research with emphasis on nutrient cycling. In: Yanez-Arancibia, A. & A.L. Lara-Dominguez (Eds.). **Ecosistemas de manglar en America Tropical**. México: UICN/ORMA, p.17-38.
- Lugo, A. E. & S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. **A Rev. Ecol. Syst.**, (5): 39-64.
- Menghini, R. P. 2004. **Ecologia de Manguezais: Grau de Perturbação e processos regenerativos em bosque de mangue da Ilha Barnabé, São Paulo, Brasil**. Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 96 pg.
- Verheyden, A.; Dahdouh-Guebas, F.; Thomaes, K.; De Genst, W.; Hettiarachchi, S. & Koedam, N. 2002. High-resolution vegetation data for mangrove research as obtained from aerial photography. **Environment, Development and Sustainability**. 4: 113-132.