



ANÁLISE TEMPORAL DO NDVI DA VEGETAÇÃO DO PARNA DA RESTINGA DE JURUBATIBA, RJ

BRUNO MARASCALKI¹; ANDRÉ L. DOS S. FURTADO²; NILTON DE JESUS³

Nº 11501

RESUMO

O Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba sofre forte pressão antrópica desde o período que antecede a sua criação. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o comportamento da biomassa fotossinteticamente ativa da vegetação do parque com base na análise do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a partir de imagens Landsat-5/TM obtidas em três diferentes décadas. Entre o período de 1987 a 1999, pré-fundação do parque nacional, observou-se redução significativa no valor do NDVI, com posterior aumento (de 1999 a 2006). Com base nos resultados obtidos de NDVI e da classificação das imagens, a criação do parque possibilitou a recuperação da vegetação nativa da área ao suprimir ou impedir a atividade antrópica na região.

ABSTRACT

Restinga de Jurubatiba National Park has suffered strong human pressure since the period before its creation. This research aimed at evaluating the behavior of the park's vegetation photosynthetically active biomass based on NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) analysis from Landsat-5/TM images obtained in three different decades. Between 1987 and 1999, period before the national park was established, a significant reduction in NDVI value was observed, and later an increase (from 1999 to 2006). Based on the NDVI results obtained and on the classification of the images, the creation of the park has made it possible to recover the area's native vegetation by suppressing or preventing anthropic activities in that region.

¹ Bolsista CNPq: Graduação em Geografia, PUCC, Campinas-SP, bruno.marascalki@gmail.com.

² Orientador: Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

³ Colaborador: Bolsista, Pós-doutorado, CAPES/Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

INTRODUÇÃO

Com o advento das plataformas orbitais, também designadas como satélites artificiais, e a possibilidade de instalação de diferentes sensores remotos na atmosfera, foi possível melhor quantificar, mapear e monitorar a atividade humana sobre a superfície do planeta, que muitas vezes interfere de forma negativa nas características naturais dos ecossistemas. Em muitas situações, essa atividade causa redução da vegetação nativa ou mesmo sua supressão total (SIMINSKI; FANTINI, 2010; VIVALDI; BAPTISTA, 2011).

Apesar das restrições técnicas do passado e atuais, com a obtenção das imagens de satélite foi possível, de forma mais rápida e fácil, obter dados históricos da atividade fotossintética da vegetação de forma sistemática, os quais fornecem valiosas informações e conhecimento crítico para o estabelecimento de políticas de intervenção, conservação da vegetação e desenvolvimento sustentável. Ao mesmo tempo, essas imagens permitem entender as variações sazonais e facilitam o efetivo monitoramento temporal, o qual é crucial para a implementação de ações por gestores e tomadores de decisão.

O objetivo desta pesquisa foi analisar o comportamento temporal da atividade fotossintética da vegetação do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba antes e após a data de sua criação, com base no cálculo do NDVI de imagens do satélite Landsat-5/TM. Todo o parque nacional está sujeito a forte impacto antrópico, resultado de sua proximidade à área urbana dos municípios da região e do fácil acesso à sua área, sendo o mais evidente a supressão de sua vegetação herbácea, arbustiva e arbórea.

METODOLOGIA

A área de estudo (Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba) está localizada no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, em uma área de restinga entre as coordenadas geográficas 22°00' e 22°23'S e 41°15' e 41°45'O, e abrange os municípios de Macaé, Quissamã e Carapebus (Figura 1). A área do parque é de aproximadamente 148,6 km², com cerca de 4 km de largura e 44 km de extensão. O clima da região pode ser classificado como Aw - tropical chuvoso (KÖPPEN, 1948).

O parque foi criado em 1998, é administrado pelo Instituto Chico Mendes e não tem situação fundiária regularizada. Está sujeito a diversos tipos de ação antrópica, por exemplo: atividades agrícolas, caça e pesca irregulares, queimadas e loteamentos.

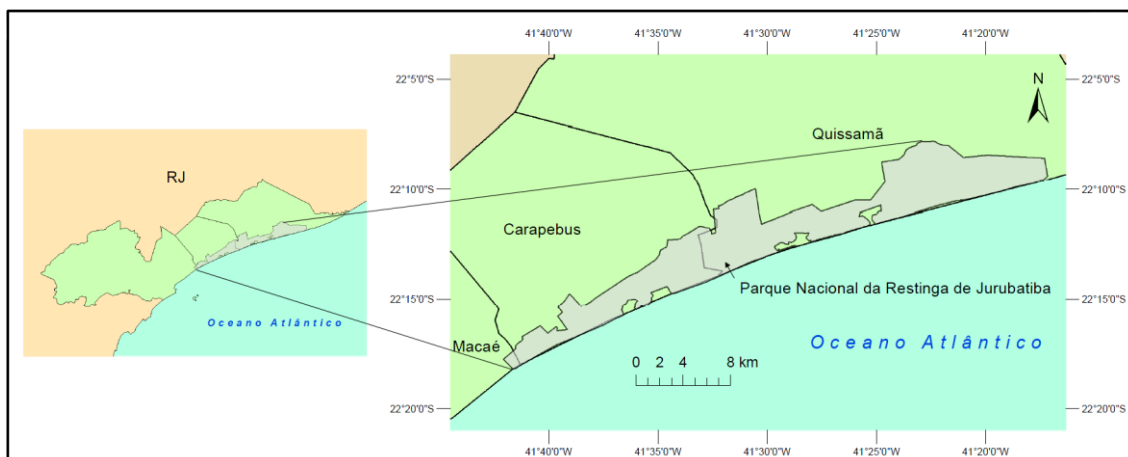


Figura 1. Localização do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (RJ).

Araújo et al. (1998) identificaram dez formações fisionômicas vegetais presentes no parque, descritas a seguir: halófila-psamófila reptante, arbustiva fechada de pós-praia, arbustiva aberta de *Clusia*, arbustiva aberta de *Ericaceae*, mata periodicamente inundada, mata permanentemente inundada, mata de cordão arenoso, arbustiva aberta de *Palmae*, herbácea brejosa e aquática. A vegetação arbustiva apresenta-se na forma de moitas irregulares, separadas entre si por vegetação herbácea, com a presença de bromélias no interior das moitas (MONTEZUMA; ARAÚJO, 2007). Essa vegetação está assentada sobre uma planície arenosa, formada a partir da sequencial justaposição de barras de areia em relação ao mar (HENRIQUES et al., 1986).

Neste estudo, foram utilizadas imagens do satélite Landsat-5/TM (nível 1T) com correção geométrica, radiométrica e georreferenciadas para UTM/WGS84, reprojetaadas para o hemisfério sul, cortesia do U.S. Geological Survey.

Para o cálculo do NDVI, foram selecionadas três imagens que representam o período anterior à criação (1/6/1987), posterior à criação (2/6/1999) e dezessete anos após a criação do parque (5/6/2006). Foram selecionadas imagens do início de junho a fim de se obter condições similares de radiação solar e, com isso, reduzir a interferência atmosférica, uma vez que os valores de NDVI variam sazonalmente e são afetados diretamente pela pluviosidade. Com o intuito de minimizar distorções no resultado do NDVI, a área das imagens ocupadas por lagoas temporárias ou permanentes foi previamente retirada do cálculo do NDVI.

Para processamento e cálculo do NDVI das imagens, foi empregado o software ERDAS Imagine 2011. As imagens Landsat-5/TM do parque foram reamostradas e tiveram a resolução espacial alterada de 30 para 100 metros. Isso permitiu redução

significativa no número de pixels que seriam analisados e processados e minimizou influências na interpretação do comportamento do objeto em estudo.

Uma vez que o parque apresenta vegetação heterogênea, quatro áreas específicas foram selecionadas: (1) área limite do parque com o oleoduto da Petrobrás (2,37 km²), (2) mata ciliar na margem do canal Macaé-Campos (4,11 km²), (3) cordões de areia com vegetação arbustiva esparsa (10,65 km²) e (4) área de moita com vegetação densa (6,45 km²) (Figura 2). Nesse caso, foi mantida a resolução do tamanho do pixel original das imagens (30 m) para o cálculo do NDVI.

Os testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov foram utilizados para verificar a normalidade na distribuição dos valores de NDVI das três imagens. O resultado dos testes demonstrou que as amostras analisadas não possuíam distribuição normal. Portanto, para avaliar diferenças significativas na distribuição dos valores de NDVI foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, com posterior aplicação do teste de Duncan, quando necessário.

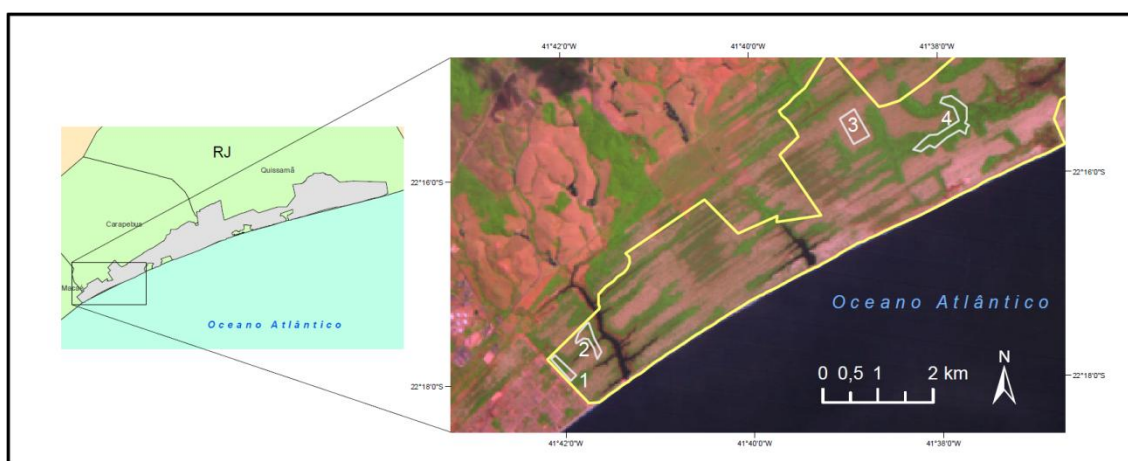


Figura 2. Localização das áreas específicas não reamostradas. (1) Área limite do parque com o oleoduto da Petrobrás, (2) mata ciliar na margem do canal Macaé-Campos, (3) cordões de areia com vegetação arbustiva esparsa e (4) área de moita com vegetação densa.

Visando à identificação dos principais tipos de uso do solo no interior do parque e na região externa ao parque (divisa sudoeste com o município de Macaé) foi realizada uma classificação não supervisionada com o SIG IDRISI Taiga16. O classificador *kmeans* utiliza a técnica de cluster conhecida como K-média, segundo a qual a partir de centróides predefinidos cada pixel em função de sua proximidade – Distância Euclidiana – é associado a este cluster (RICHARDS; JIA, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado obtido para o NDVI das três imagens é apresentado na Figura 3. Entre o período de 1987 a 1999, anterior à fundação do parque nacional, observou-se uma redução significativa, de 0,2571 para 0,2470, no valor do NDVI (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$), um decréscimo de aproximadamente 4%. Após 1999, o NDVI aumentou significativamente de 0,2470 para 0,2941 (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$), o que representou aumento de 16%. Este fato é um indicativo de que a criação do parque contribuiu para a recuperação da vegetação nativa da área ao suprimir ou impedir a atividade antrópica na região.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) foi introduzido por Rouse et al. (1973) e explora a diferença entre as respostas espectrais no infravermelho próximo e no vermelho. Desde então, tem sido amplamente empregado em estudos referentes ao comportamento espectral da vegetação (LYON et al., 1998; PONZONI; SHIMABUKURO, 2010; SCHLERF et al., 2005).

Segundo Jensen (2009), para se identificar ou extrair informações biofísicas da vegetação (por exemplo, adoção do NDVI), faz-se necessária uma análise temporal que requer conhecimentos específicos sobre os ciclos fenológicos, os quais obedecem a uma sazonalidade anual. Nesse contexto, a pluviosidade no ano de 1999 (4,7 mm) nos 60 dias que antecederam a data da coleta das imagens foi significativamente inferior à observada no mesmo período em 1987 (44,7 mm) (INPE/CPTEC). É possível que esse fator possa ter contribuído o menor valor de NDVI observado em 1999, pois o NDVI é afetado significativamente pela pluviosidade (GURGEL et al., 2003).

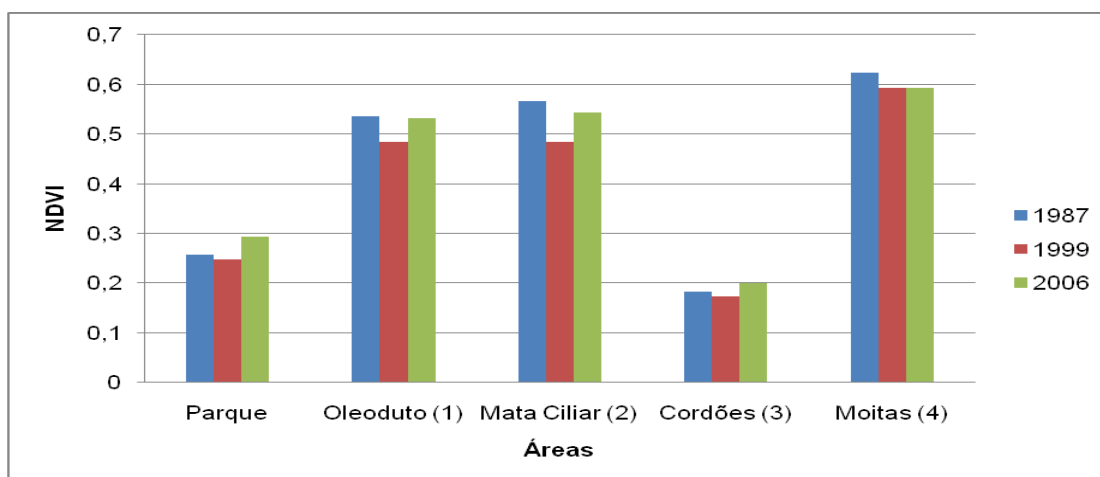


Figura 3. Variação temporal do NDVI da vegetação do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

A análise das quatro áreas específicas permitiu identificar um mesmo padrão de comportamento do NDVI, similar ao observado para o parque como um todo, i.e., de 1989 para 1999 houve uma redução no NDVI e na década seguinte. Esse aumento foi significativo para as áreas Mata Ciliar e Cordões (Duncan, $p < 0,01$). Esse fato sugere um processo de regeneração da vegetação a partir da criação do parque.

Os valores de NDVI obtidos para a área Cordões foram similares àqueles observados para a área total do Parque. Provavelmente, isso reflete sua maior distribuição espacial na área do parque, com um aumento significativo de 8,7 % no valor do NDVI de 1987 em relação a 2006 (Duncan, $p < 0,01$).

O Plano Diretor do Município de Macaé (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE MACAÉ, 2006), na seção III da Macroárea da Orla, em seu artigo 134, contempla a necessidade de garantir a recuperação e preservação das áreas de interesse ambiental na área vizinha ao parque. Por outro lado, o plano de manejo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (IBAMA, 2007) não contempla esta área em sua proposta de zona de amortecimento.

Pode ser constatado, a partir do mapeamento do uso do solo, que a ocupação urbana próxima ao limite sudoeste do parque (Fig. 2; área 1) aumentou 403,9% no período entre 1987 a 2006. Potencialmente, essa área urbana pode causar maior pressão antrópica sobre a fauna e flora do Parque.

Tabela 1 apresenta a classificação não supervisionada do uso do solo, considerando a distribuição espacial das comunidades vegetais. Constatou-se que ocorreu um aumento da classe Mata em 10,71% de 1999 a 2006, com diminuição da Vegetação Arbustiva em 14% no mesmo período. Nas áreas do Parque com reduzida influência antrópica e condições edáficas similares, as condições climáticas provavelmente determinam a magnitude e a dinâmica da vegetação.

TABELA 1. Classificação do uso do solo na área do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

Classe (km²)	1987	1999	2006
Água	10,55	8,12	14,82
Areia	12,60	13,24	13,74
Vegetação herbácea brejosa e aquática	43,94	43,27	36,64
Vegetação arbustiva	34,67	34,95	29,87
Mata	40,01	42,18	46,70

CONCLUSÃO

Uma vez que, o valor de NDVI aumenta com a densidade e atividade da fitomassa, este estudo permitiu concluir que a atividade fotossintética da vegetação do Parque Nacional de Jurubatiba decaiu entre os anos de 1986 a 1999. Entretanto, após a criação do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, a vegetação demonstrou sinais de recuperação, com destaque para as áreas de Mata. Contudo, há a necessidade de se realizar uma análise detalhada da série histórica dos dados e nas áreas amostrais, considerando as peculiaridades da vegetação da restinga e da área em torno do Parque para verificarmos sua efetiva contribuição para a preservação da fauna e da flora local.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq – PIBIC, pela bolsa concedida.

À Embrapa Monitoramento por Satélite, pela oportunidade de aprendizado.

À Sra. Fernanda Rocha Lourenço e ao analista da Embrapa Monitoramento por Satélite Gustavo Bayma Siqueira da Silva, pela colaboração técnica.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. S. D.; SCARANO, F. R.; SÁ, C. F. C.; KURTZ, B. C.; ZALUAR, H. L. T.; MONTEZUMA, R. C. M.; OLIVEIRA, R. C. Comunidades vegetais do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do município de Macaé**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998. p. 39-62.
- GURGEL, H. da C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2003.
- HENRIQUES, R. P. B.; ARAÚJO, D. S. D.; HAY, J. D. Descrição e classificação dos tipos de vegetação da restinga de Carapebus. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p.173-189, 1986.
- IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba**. Encarte 4 versão final. Rio de Janeiro: Laboratório de Ecologia Aplicada, 2007. 211 p.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con um estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.



- LYON, J. C.; YUAN, D.; LUNETTA, R. S.; ELVIDGE, C. D. A change detection experiment using vegetation indices. **PE&RS**, v. 64, n. 2, p. 143-150, 1998.
- MONTEZUMA, R. C. M.; ARAÚJO D. S. D. Estrutura da vegetação de uma restinga arbustiva inundável no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. **Pesquisas, série Botânica**, Rio de Janeiro, v. 58, p. 157-176, 2007.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 127 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAÉ (RJ). **Plano Diretor do município de Macaé**. Rio de Janeiro, RJ, 2006. 157 p.
- RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1999. 363 p.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, DC. **Proceedings...** Washington, DC: NASA/Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317. (NASA SP-351).
- SCHLERF, M.; ATZBERGER, C.; HILL J., Remote sensing of forest biophysical variables using HyMap imaging spectrometer data. **Remote Sensing of Environment**, v. 95, n. 2, p. 177-194, 2005.
- SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. A Mata Atlântica cede lugar a outros usos da terra em Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, v. 23, n. 2 p. 51-59, 2010.
- VIVALDI, D. D.; BAPTISTA, G. M. de M. Estudo da vegetação das áreas de preservação permanente da Bacia Hidrográfica do Rio Preto, em sua porção Distrital, por meio de imagens CBERS 2B. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5679-5685.