

Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japaratuba-Mirim em Sergipe.

Marcus Aurélio Soares Cruz¹
Acácia Maria Barros Souza¹
Jackson Santos de Jesus¹

¹Embrapa Tabuleiros Costeiros
Avenida Beira Mar 3250 Bairro Jardins - 49025-040 - Aracaju - SE, Brasil
mascruz@cpac.embrapa.br
acaciavel30@hotmail.com
jackson@ufs.br

Abstract. One of the most important applications of the remote sensing is the use of spectral data to estimate parameters of vegetation. The environmental assessment of river basins has used remote sensing data to obtain information on vegetation cover. The vegetation indices are applied to quantify the areas, types and densities of vegetation cover. This study sought to evaluate the behavior of vegetation in the river basin Japaratuba-Mirim in the state of Sergipe, Brazil, calculating the following vegetation indices: SR, NDVI, SAVI and EVI. We used a Landsat 5 TM (Thematic Mapper), orbit 215, point 67, with low cloud cover, dated 03/04/2009. It was performed atmospheric correction, the conversion of digital number values for reflectance and map algebra to calculate the indices using the software ArcGIS. The results showed that the indices SAVI and EVI were more suitable for the quantification of vegetation, considering the classes of vegetation existing in basin and the limits of literature. SR index showed large coefficient of variation - calculated from the values of image pixels - in comparison to others obtained indices. NDVI index had a poor performance to identification of bare soil and soil with sparse vegetation. However, it was observed that all the indices used allowed a clear distinction between the present vegetation cover.

Palavras-chave: remote sensing, watershed, vegetation cover, sensoriamento remoto, bacia hidrográfica, cobertura vegetal.

1. Introdução

Os avanços tecnológicos obtidos pelo homem, sobretudo no transcorrer do século XX, aliados ao aumento no crescimento populacional, a ampliação industrial, entre outros condicionantes, causaram uma sobrecarga ao ambiente natural. Com a intervenção antrópica no uso do solo, se estabelece um cenário de supressão acelerada dos recursos naturais, com impactos na qualidade do solo, dos recursos hídricos e da cobertura vegetal.

A avaliação do espaço terrestre ganhou em celeridade com o avanço das tecnologias relacionadas às informações geográficas, dentre estas o Sensoriamento Remoto. A difusão de imagens orbitais e de ferramentas de processamento digitais tornou o uso de geotecnologias um item praticamente obrigatório em estudos de avaliação ambiental. A cobertura vegetal em bacias hidrográficas tem sido correntemente utilizada como indicador de qualidade ambiental.

Os índices de vegetação constituem-se em operações algébricas envolvendo faixas de reflectância específicas que possibilitam a determinação da cobertura vegetal e a sua densidade.

Este estudo objetivou avaliar os tipos de cobertura vegetal presentes na bacia do rio Japaratuba-Mirim a partir de dados de sensoriamento remoto por meio de índices de vegetação como ferramentas de apoio a avaliação ambiental da bacia.

2. Metodologia

A região de estudo selecionada foi a sub-bacia do rio Japarutuba-Mirim, afluente da margem esquerda do rio Japarutuba, localizado no Estado de Sergipe - Brasil. A sub-bacia do rio Japarutuba-Mirim apresenta largura de 8,83 km, altitudes máximas de 230m e se estende por uma área de 335,4 km², compreendendo 20% de toda a bacia hidrográfica do rio Japarutuba. Seu curso principal possui cerca de 54 km, nascendo no município de Aquidabã, seguindo na direção noroeste-sudeste até o rio Japarutuba (Fontes, 1997). O seu relevo colinoso contribui para o fluxo de líquidos precipitados e sua vegetação esparsa são características do clima semi-árido. O rio Japarutuba-Mirim apresenta a sua mata ciliar intensamente devastada e o curso se encontra em grande parte assoreado. Dessa forma, configuram-se neste espaço intensos problemas no que se refere aos impactos ambientais desencadeados pela ação antrópica. A localização da bacia no Estado de Sergipe é apresentada na Figura 1.

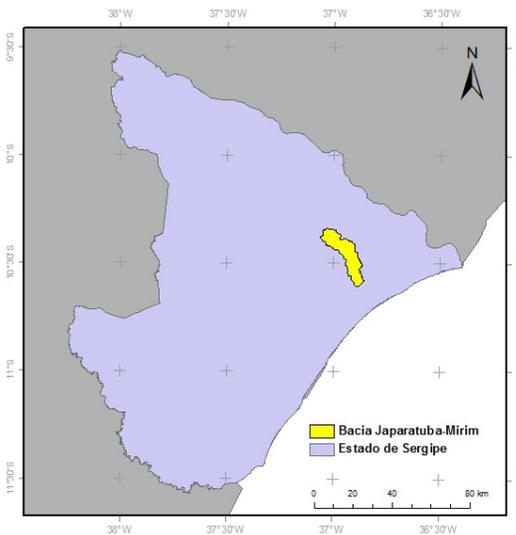


Figura 1 – Localização da área de estudo no Estado de Sergipe

Para a análise proposta, foi utilizada uma imagem de satélite Landsat 5 TM (Thematic Mapper), obtida por meio de download gratuito no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com data de 03/04/2009, Órbita 215 e Ponto 67. Utilizando o software ArcGIS (ESRI, 2010) foi efetuado o registro das bandas 1, 3 e 4 por meio da seleção de pontos de controle conhecidos e o recorte do retângulo envolvente da bacia. Inicialmente procedeu-se à correção atmosférica das bandas por meio da aplicação do método de subtração do objeto escuro (DOS) segundo proposto por Chávez (1998). O cálculo adequado dos índices de vegetação demanda a conversão dos valores de DN para valores físicos, como radiância e reflectância (Ponzoni & Shimabukuro, 2010). Assim, a conversão pixel a pixel para radiância bidirecional aparente foi realizada segundo a equação proposta por Markham & Baker (1986):

$$L_0(\lambda) = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \cdot DN \quad (1)$$

onde a e b são as Radiâncias mínimas e máximas ($W m^{-2} sr^{-1} m^{-1}$) detectadas pelo sensor TM, DN são os números digitais da imagem (0 a 255) e i corresponde às bandas do satélite em estudo.

A determinação da reflectância é obtida a partir da razão entre o fluxo emergente da atmosfera e o fluxo incidente no seu topo, na região e banda espectral analisada.

$$\rho_i = \frac{\pi \cdot L_0(\lambda) \cdot d^2}{E_{sun}(\lambda) \cdot \cos \theta} \quad (2)$$

onde ρ_i é a reflectância bidirecional aparente de cada banda; $L_0(\lambda)$ é a radiância bidirecional aparente ($\text{mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$); d é a distância Sol-Terra em unidades astronômicas; $E_{sun}(\lambda)$ é a irradiância média do sol no topo da atmosfera ($\text{mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$), θ é o ângulo zenital solar.

Os procedimentos citados acima foram realizados a partir da metodologia sintetizada em planilha Excel por Gurtler et al. (2005). Os dados necessários são o histograma de frequências da banda 1, o tipo de sensor, a data da imagem e o ângulo de elevação solar, que são obtidos em arquivo que acompanha as cenas obtidas.

Foram selecionados índices de vegetação de larga aplicabilidade, incluindo o Índice de Vegetação da Razão Simples (SR), Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) e o Índice de Vegetação Melhorado (EVI).

O Índice de Vegetação da Razão Simples (SR) proposto por Jordan(1969) foi o pioneiro e utiliza divisão entre as bandas do infravermelho próximo e vermelho:

$$SR = \frac{\rho_{IVP}}{\rho_V} \quad (3)$$

Onde: ρ_{IVP} é a reflectância no infravermelho próximo e ρ_V é a reflectância no vermelho.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) conforme proposição de Rouse et al. (1973) normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde as áreas de vegetação mais intensa aproximam-se dos patamares superiores e áreas alagadiças, do limite inferior. Constitui-se em um dos índices de vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos. A equação para o NDVI é a seguinte:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V} \quad (4)$$

O Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) surgiu como alternativa ao NDVI buscando minimizar o efeito do solo no seu valor final. Segundo Huete et al. (1988) o SAVI pode ser obtido a partir da consideração de uma constante L , que pode variar de 0 a 1, sendo utilizado o valor médio na maioria dos casos (0,5):

$$SAVI = \left[\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V + L} \right] \cdot (1 + L) \quad (5)$$

O Índice de Vegetação Melhorado (EVI), segundo proposição de Justice et al. (1998), busca otimizar o sinal da vegetação, intensificando a resposta em regiões de elevada concentração de biomassa, melhorando as interferências do solo e atmosféricas nas respostas. A formulação do EVI é a seguinte:

$$EVI = G \cdot \left[\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{L + \rho_{IVP} + C1 \cdot \rho_V - C2 \cdot \rho_A} \right] \quad (6)$$

Onde L é o fator de ajuste para o solo (1,0); G é o fator de ganho (2,5); $C1$ e $C2$ são coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis da atmosfera (6,0 e 7,5).

Por meio do módulo *Raster Calculator* do ArcGIS, foram efetuadas as operações algébricas componentes dos índices citados a partir das bandas convertidas para valores de reflectância aparente.

3. Resultados e discussão

A partir de uma classificação disponível de uso do solo da bacia, obtida de uma composição colorida RGB543 (Figura 2A), foram estabelecidas seis classes de cobertura do solo que podem ser relacionadas à presença/ausência de vegetação em maior ou menor intensidade. A Tabela 1 apresenta as classes e suas porcentagens de área na bacia e a Figura 2B mostra a imagem classificada. Observa-se uma predominância de vegetação rala e esparsa (pastagens e culturas agrícolas), totalizando 62% da cobertura atual na bacia, enquanto que a vegetação densa (matas) restringe-se a 16%. Há ainda os percentuais referentes à ausência de vegetação, concentrados no solo descoberto, com 20% da área total da bacia. Tais números corroboram outros trabalhos desenvolvidos que sinalizam para o alto grau de degradação ambiental na bacia do rio Japaratuba (Aragão & Almeida (2009); Rocha et al. (2009); Pantaleão et al. (2007)).

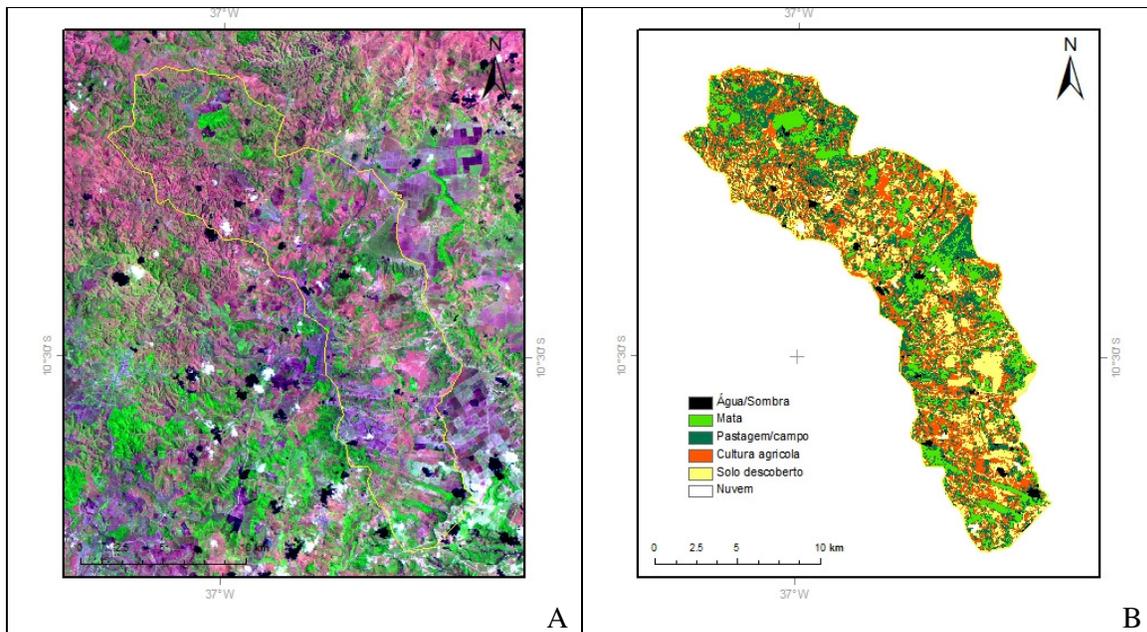


Figura 2 – (A) Composição colorida RGB543 para a região de estudo; (B) Classes de cobertura do solo para a bacia do Japaratuba-Mirim

Tabela 1 – Quantificação das classes de cobertura do solo na bacia do Japarutuba Mirim

Classes	Area (km ²)	Porcentagem
Água/sombra	4.2	2%
Mata	38.4	16%
Pastagem/campo	67.6	29%
Cultura Agrícola	77.6	33%
Solo descoberto	46.9	20%
Nuvem	2.1	1%

A Tabela 2 apresenta alguns parâmetros estatísticos para os valores de índices de vegetação obtidos para a bacia do rio Japarutuba-Mirim. O coeficiente de variação relaciona o desvio-padrão da amostra e a sua média, permitindo uma análise relativa. Observa-se assim, que o IV da Razão Simples (SR) apresenta a maior variação em torno da média, que pode ser justificado pela sua própria formulação. Os demais apresentaram comportamento similar, com pequeno aumento na variação do EVI com relação ao NDVI e SAVI.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos para os IVs calculados

IV	Maximo	Médio	Mínimo	Desvio-Padrão	Coeficiente de Variação
NDVI	0.94	0.57	-0.47	0.13	0.23
SR	32.69	4.25	0.36	2.24	0.53
SAVI	0.7	0.33	-0.21	0.08	0.24
EVI	2.75	0.34	-0.21	0.09	0.26

As imagens resultantes da álgebra de mapas para cada índice, foram submetidas a um processo de divisão por classes buscando representar aproximadamente as classes obtidas na classificação original RGB543. A Figura 3 apresenta as imagens finais e as classes definidas. A Tabela 3 apresenta os intervalos determinados para as classes de tipo de cobertura vegetal utilizadas.

Observa-se que de forma geral todos os índices permitiram uma boa diferenciação entre as classes de cobertura vegetal definidas, no entanto o SR apresentou dificuldades para áreas com nuvens e sombras. O melhor desempenho pode ser atribuído ao SAVI, que pode ser reflexo das condições de solo na bacia, que aparentemente tem grande influência sobre os valores de reflectância. Os valores para vegetação densa, esparsa e rala para SAVI corroboram outros obtidos em estudos existentes, em outras regiões como Santiago et al. (2009) e Vieira da Silva et al. (2009).

Observa-se, no entanto, que para o NDVI, os valores para solo descoberto (sem vegetação) e água, apresentaram-se altos, se comparados ao que a literatura aponta, como próximos a zero para o primeiro e negativos para água. No entanto variações nos valores de NDVI também são recorrentes em função de fatores externos. Segundo Huete & Tucker (1991), os valores do NDVI para solo descoberto estão geralmente entre 0,05 e 0,30, no entanto, devido a grande variabilidade das propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouco ou nenhuma cobertura vegetal.

O EVI apresentou comportamento similar ao SAVI, com limites de classe bem semelhantes e equivalente desempenho na identificação das coberturas vegetais.

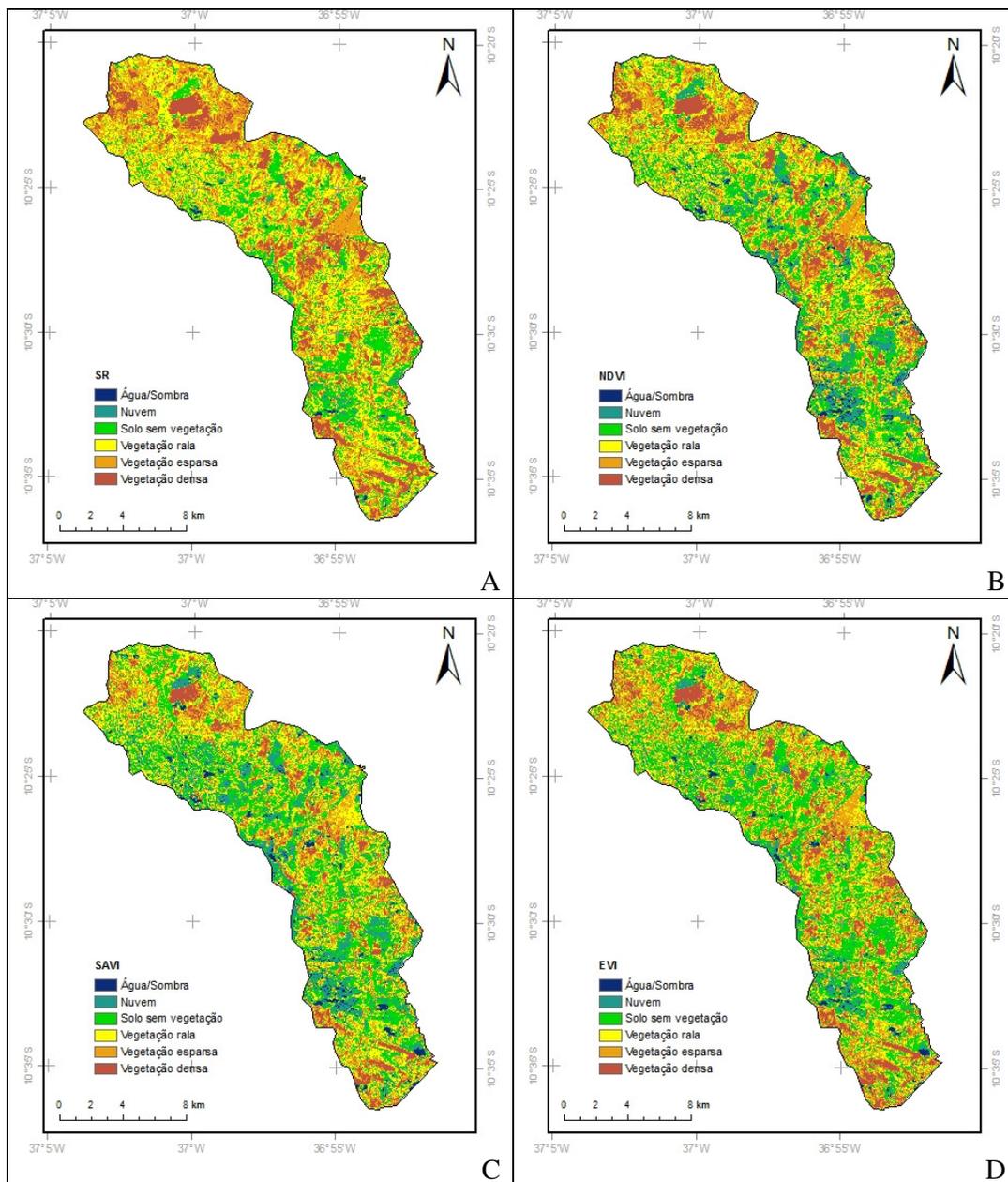


Figura 3 – Índices de vegetação obtidos para a bacia do rio Japarutuba-Mirim e classes de tipos de cobertura vegetal: A - Índice de Vegetação da Razão Simples (SR); B - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI); C - Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) e D - Índice de Vegetação Melhorado (EVI).

Tabela 3 – Limites de classe de cobertura vegetal estabelecidos para os IVs aplicados

Tipo de Vegetação	SR	NDVI	SAVI	EVI
Densa	> 6,0	> 0,73	> 0,45	> 0,46
Esparsa	3,8 - 6,0	0,62 - 0,73	0,38 - 0,45	0,37 - 0,46
Rala	2,8 - 3,8	0,53 - 0,62	0,32 - 0,38	0,32 - 0,37
Zero	2,0 - 2,8	0,44 - 0,53	0,27 - 0,32	0,24 - 0,32
Nuvem	1,5 - 2,0	0,32 - 0,44	0,19 - 0,27	0,16 - 0,24
Água/Sombra	< 1,5	< 0,32	< 0,19	< 0,16

4. Conclusões

Os índices de vegetação mostraram-se adequados à avaliação dos tipos de cobertura vegetal presentes na sub-bacia do rio Japarutuba-Mirim.

O SAVI e o EVI apresentaram comportamentos similares e com melhor desempenho na identificação das classes de cobertura vegetal predominantes.

O SR apresentou maior coeficiente de variação para a bacia estudada, decorrente provavelmente de sua própria formulação. Os demais IVs apresentaram CV na mesma ordem de grandeza.

Os limites de classe para os IVs avaliados variaram segundo valores predominantes na literatura observada, excetuando-se o NDVI para áreas de baixa densidade de vegetação.

5. Referências Bibliográficas

Aragão, R.; Almeida, J. A. P. Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do Rio Japarutuba –Sergipe através de imagens LANDSAT. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1231-1238. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.21.53.31/doc/1231-1238.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

Chávez, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, 24, 459-479. 1998.

Fontes, A. L. Caracterização geoambiental da bacia do rio Japarutuba/SE. IGCE-UNESP, Rio Claro, SP. 298p. **Tese de Doutorado**. 1997.

Gürtler, S.; Epiphânio, J.C.N.; Luiz, A.J.B; Formaggio, A.R. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens Tm e ETM+ Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, No 57/02, 2005.

Huete, A.R.. A soil-adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. 25:295-309. 1988.

Huete, A.R. & Tucker, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, p. 1223-1242. 1991.

Jordan, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the Forest floor. **Ecology**, 50:663-666, 1969.

Justice, C. O.; Vermote, E.; Townshend, J.R.G.; Defries, R.; Roy, D.P.; Hall, D.K.; Salomonson, V.V.; Privette, J.L.; Riggs, G.; Strahler, A. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 36(4):1228-1249, 1998.

Markham, B. L.; Barker, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523, 1987

Pantaleão, S.M.; Alcântara, A.V.; Alves, J.P.H.; Pavanin, L.A., Graf, U., Rezende, A.A.A.; Valadares, B.L.B.; Fragiorge, E.J.; Souza, N.C.; Guterres, Z.R.; Spanó, M.A. Assessing the impact of pollution on the Japarutuba river in Brazil using the *Drosophila* wing spot test. **Environmental and Molecular Mutagenesis**. Volume 48, Issue 2, pages 96–105, March 2007.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

Rocha, J. C. S., Correia, C. O., Rocha, C. L. Bacia hidrográfica do rio Japarutuba: uma visão da gestão de recursos hídricos frente ao uso e ocupação da terra. In: Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe, 2., 2009, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009.

Rouse, J. W.; Haas, H.R. Schell, J.A. Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite - 1 Symposium , 3, 1973. **Proceedings**. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p.309-317.

Vieira da Silva, C.A.; Alves da Silva, H.; Oliveira, T.H; Galvêncio, J.D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 3079-3085. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.02.18.31/doc/3079-3085.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2010.

Santiago, M.M.; Alves da Silva, H.; Oliveira, T.H; Galvêncio, J.D. Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 3003-3009. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.02.18.31/doc/3003-3009.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2010.