

Evolução temporal do NDVI na bacia do Rio Piabanha/RJ

Alline Gomes Lamenha e Silva¹
Rodrigo Sondermann Muniz¹
Otto Corrêa Rotunno Filho¹

¹ Programa de Engenharia Civil – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) –
Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – LABH2O
Caixa Postal 68501 - CEP 21941-972 Rio de Janeiro, RJ.
{allinelamenna, sondermann, otto}@coc.ufrj.br

Resumo: A cobertura vegetal está relacionada, pela maioria dos cidadãos, em um primeiro momento, com funções de satisfação psicológica e cultural, e, em um segundo momento, com funções físico-biológicas. Complementarmente, a vegetação afeta sobremaneira a vida das pessoas e o planejamento das cidades, extrapolando meramente o valor sentimental ou estético. Por outro lado, imagens de satélite multiespectrais registram as características da superfície terrestre por meio de bandas do espectro eletromagnético, incluindo, por exemplo, a faixa do visível, infravermelho e microondas. Os resultados da interação entre a radiação eletromagnética e a superfície terrestre permitem distinguir diferentes tipos de cobertura e uso do solo, em especial no que diz respeito ao comportamento evolutivo da vegetação. Neste estudo, foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5-TM, adquiridas nos anos de 2000 e 2011, para a bacia do rio Piabanha-RJ, com enfoque na análise da atividade da vegetação mediante o emprego do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). Observou-se, entre outros aspectos, a viabilidade de mapear e identificar as alterações na vegetação a partir do mapa de diferenças entre os valores de NDVI obtidos em 2000 e 2011, com desdobramentos sob a perspectiva de disponibilidade de recursos hídricos para a região de estudo.

Abstract: The vegetation is related, by most people, at first, with functions of cultural and psychological satisfaction, and, in a second stage, with physical and biological functions. In addition, vegetation greatly affects people's lives and the planning of cities, beyond the merely aesthetic or sentimental value. Moreover, multispectral satellite images allow to register the terrestrial surface characteristics, including, for example, the visible, infrared and microwave parts of the electromagnetic spectrum. The results of the interaction between the electromagnetic radiation and the Earth's surface discriminate different surface cover types and land uses, particularly with regard to the evolutionary behavior of vegetation. In this study, we used Landsat 5-TM remotely sensed images acquired in 2000 and 2011 for the river basin Piabanha RJ focusing on the analysis of vegetation activity through the use of the normalized difference vegetation index (NDVI). It was noted, among other things, the feasibility of mapping and identifying the changes in vegetation from the map of the differences between NDVI values obtained along the period between 2000 and 2011, with further developments under the perspective of water resources availability for the studied region.

Palavras-chave: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land use and soil cover, Remote sensing at watershed scale.

1. Introdução

Historicamente, o ajustamento do homem às condições do meio ambiente tem sido uma relação de conflito e harmonia. Durante muitos séculos, tais condições mantiveram-se dentro dos limites, sem causar impacto ambiental significativo, pelo menos até o período da Revolução Industrial (Vieira *et al.*, 2006).

A cobertura vegetal, de acordo com Nucci e Cavalheiro (1999), é associada, pela maioria dos cidadãos, prioritariamente, com funções de satisfação psicológica e cultural, em contraste com funções de natureza físico-biológicas. Adicionalmente, nota-se que a cobertura vegetal afeta amplamente a vida das pessoas e das cidades, superando o que aqui se denomina de valor sentimental ou estético.

A análise de imagens de satélite nem sempre permite a identificação de informações específicas sobre a vegetação; todavia, possibilita a observação de mudança significativa da

cobertura vegetal. Nesse contexto, o sensoriamento remoto representa uma importante alternativa na obtenção de informações sobre a superfície terrestre, com destaque para a aplicação na observação da cobertura vegetal e sua correspondente evolução.

De acordo com Campbell (2011), é possível quantificar essas variáveis por meio de medidas dos números digitais dos sensores remotos, na radiância ou na refletância do objeto em análise. Através de operações entre esses valores em diferentes regiões do espectro, é possível obter informações sobre a quantidade de vegetação na área analisada.

O uso de sensoriamento remoto na análise das atividades da vegetação é baseado nas propriedades espectrais da vegetação, que absorve uma importante porcentagem de energia eletromagnética na região do visível e reflete uma alta porcentagem na região do infravermelho próximo (Knipling, 1970). Devido a essas propriedades, diferentes índices de vegetação baseados na combinação das bandas do visível e infravermelho podem ser calculados.

O índice de vegetação mais amplamente utilizado na literatura é o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI). O NDVI, que é uma grandeza adimensional, é uma razão simples entre as refletâncias no visível e infravermelho próximo.

Os valores de NDVI variam de -1,0 a +1,0, e, em geral, em uma vegetação saudável, esses valores estão entre 0,2 e 0,8. O NDVI apresenta alguns problemas para a análise da vegetação devido à relação não linear entre o NDVI e a biomassa ou cobertura vegetal (Choudhury *et al.*, 1994; Gillies *et al.*, 1997).

Apesar de ser um limitado indicador da cobertura vegetal em áreas com alta densidade vegetativa (Nicholson *et al.*, 1990; Libos *et al.*, 2009) e de apresentar influências em função da refletância do solo em regiões com cobertura mais esparsa (Huete e Jackson, 1987), estudos mostram uma forte relação entre o NDVI e a biomassa, cobertura vegetal e atividade vegetal em áreas onde a cobertura vegetal não é muito densa (Tucker *et al.*, 1981; Gutman, 1991). O uso de dados de satélite na análise do crescimento da vegetação tornou-se um processo de larga utilização.

Com o intuito de identificar as mudanças na cobertura vegetal da bacia do rio Piabanha, utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, o presente trabalho busca analisar a evolução temporal no índice de vegetação por diferença normalizada na região, obtido a partir de 2 imagens adquiridas pelo sensor Landsat5-TM, com intervalo de tempo, entre elas, de 11 anos. Por meio dessa análise, pretende-se, também, evidenciar a qualidade do NDVI como uma alternativa prática, eficiente e eficaz na identificação de mudanças na cobertura vegetal ao longo do tempo.

2. Área de Estudo

Para o estudo de caso desenvolvido no presente trabalho, conforme previamente mencionado, foi selecionada como região de estudo a bacia do rio Piabanha, situada na região serrana fluminense. Compõem a bacia em análise municípios do estado do Rio de Janeiro, a saber: Areal, Paraíba do Sul, Paty dos Alferes, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Teresópolis e Três Rios, com população total de 590.000 habitantes..

A bacia do rio Piabanha, cuja área engloba cerca de 2065 km², é uma das bacias, entre as grandes sub-bacias formadoras do rio Paraíba do Sul, que apresenta a maior cobertura florestal, estimada em mais de 20% de suas terras, onde estão os mais expressivos remanescentes da Mata Atlântica (COPPE/UFRJ, 2006, 2007, 2010).

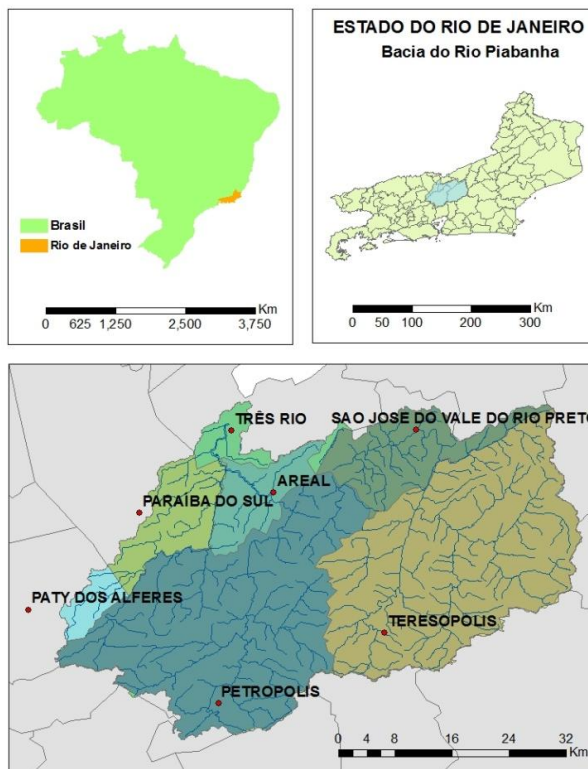


Figura 1. Localização da bacia do rio Piabanha/RJ

A bacia do rio Piabanha destaca-se, também, pelo uso industrial, mais de 50 indústrias de alto potencial poluidor, e pelo uso agrícola, corresponsáveis pela erosão dos solos e degradação das águas, juntamente com o uso urbano. Predominam as culturas de ciclo curto, como verduras e legumes, e não se verifica o uso de técnicas de conservação de solo, como terraceamento e plantio em curva de nível, apesar das fortes declividades e do potencial de erosão hídrica da região.

Em geral, as áreas cultivadas localizam-se nas margens dos rios e córregos, ocupando áreas de preservação permanente (APPs). Uso abusivo de agrotóxicos, lançamento de esgotos de origem doméstica e animal (currais e pocilgas) e erosão das margens são problemas comuns aos cursos de água nessas áreas, comprometendo a qualidade das águas utilizadas para a irrigação das culturas e abastecimento doméstico.

O nível de ocupação e a intensidade de uso das terras e das águas da bacia do rio Piabanha situam-na entre as sub-bacias do Paraíba do Sul de alta prioridade para a realização de ações de proteção e recuperação de florestas, solos e águas, sendo recomendadas medidas rigorosas de restrição de uso, especialmente no curso superior do rio Piabanha e de seu afluente Preto. Os trechos superiores dos rios Piabanha e Preto devem receber prioridade máxima na proteção das florestas, na recuperação de áreas degradadas, no planejamento e controle do parcelamento do solo urbano e dos usos da água, em geral, e do uso agrícola em especial (Barros, 2012)

Em relação à região urbana, a bacia apresenta situações críticas de erosão, com destaque aos municípios de Petrópolis e Teresópolis, associadas à ocupação inadequada das íngremes encostas.

De acordo com Kling (2005), o principal impacto produzido, nesta bacia, é a rápida taxa de urbanização, com consequências substanciais, na drenagem das águas pluviais, nas enchentes, nos deslizamentos e nos desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas, nas contaminações no corpo hídrico, no acentuado desmatamento e no acúmulo de

lixo. Nesse sentido, o estudo das mudanças na cobertura do solo da região e no seu índice de vegetação representa um diagnóstico fundamental.

3. Metodologia de Trabalho

Inicialmente, foram solicitadas ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), as imagens necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Foram adquiridas imagens do satélite Landsat 5-TM, órbita 217 nos pontos 75 e 76, correspondentes aos anos de 2000 e 2011. Tais imagens foram selecionadas por apresentarem menor quantidade de nuvens e possibilitarem estabelecer os padrões espaciais de variação da vegetação ao longo do tempo. Foram utilizadas, de cada imagem, as bandas espectrais monocromáticas 3 e 4 para o cálculo do NDVI.

O índice vegetação (NVDI) foi calculado conforme a equação seguinte:

$$DVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

onde **IVP** e **V abrangem** as faixas do espectro eletromagnético correspondentes ao infravermelho próximo e ao vermelho, respectivamente.

Para a identificação das mudanças na região, foi elaborado um mapa de diferenças entre os valores de NDVI obtidos para o ano de 2000 e 2011. Observa-se que essa diferença gera números negativos quando há um aumento no valor do NDVI relacionado ao píxel, enquanto resulta em valores positivos quando há redução desse valor.

O arquivo do tipo de forma (*shapefile*) da bacia do rio Piabanha foi utilizado como máscara para realizar o recorte das imagens na região de interesse.

Para a classificação e mapeamento dos píxeis da imagem segundo o índice de vegetação adotado nesta pesquisa, foram discriminadas cinco classes, cujos limites foram estabelecidos baseando-se no conjunto de dados relacionados ao ano de 2000, com a identificação de limiares entre classes, e agrupamento dos valores de NDVI de forma a maximizar as diferenças interclasses. Já em relação ao mapeamento da evolução do NDVI, foram determinadas três classes: ganho de biomassa (valor mínimo negativo – desvio padrão negativo); sem mudanças significativas (desvio padrão negativo – desvio padrão positivo); e perda de biomassa (desvio padrão positivo – valor máximo positivo).

4. Resultados e Discussão

A distribuição dos valores do índice de vegetação observados nas imagens relativas ao ano de 2000 pode ser observada no Figura 2.

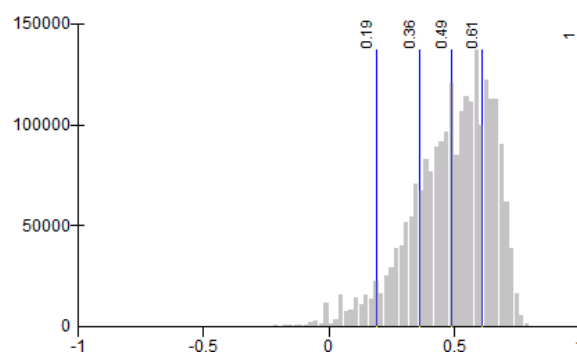


Figura 2. Distribuição dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia do rio Piabanha, 2000

Foram calculadas algumas estatísticas baseadas nos dados de NDVI, obtidos para cada píxel da bacia no ano de 2000, que podem ser observadas na Tabela 1. As classes utilizadas podem ser conferidas na Tabela 2.

Tabela 1. Estatísticas do NDVI no ano 2000 – Bacia do Rio Piabanha

Ano de 2000	
Número de píxeis	2.300.754
Mínimo	-1,00
Máximo	1,00
Média	0,49
Desvio Padrão	0,16

Tabela 2. Classes de agrupamento do NDVI

Classe	Valor do NDVI
1	-1,00 a 0,19
2	0,19 a 0,36
3	0,36 a 0,49
4	0,49 a 0,61
5	0,61 a 1,00

O mapa exposto na Figura 3 ilustra a distribuição espacial do índice de vegetação na bacia do rio Piabanha no ano de 2000.

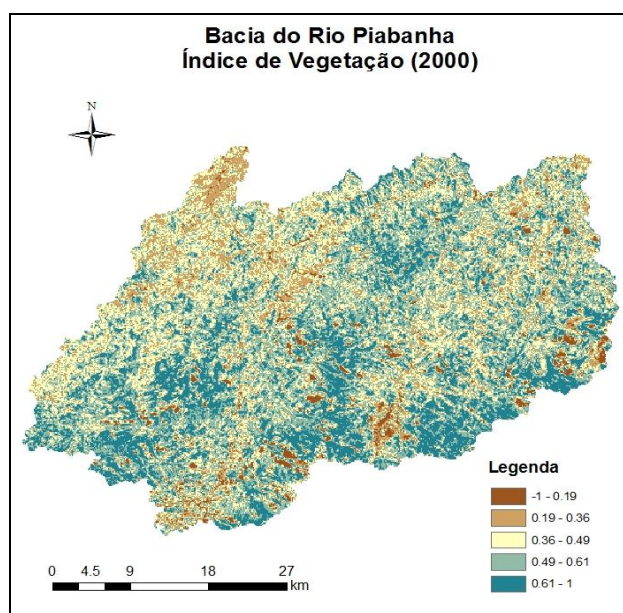


Figura 3. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia do rio Piabanha, 2000

Já em relação aos dados de NDVI obtidos para o ano de 2011, foram obtidas as estatísticas observadas na Tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas do NDVI no ano 2011 - Bacia do Rio Piabanha

Ano de 2000	
Número de píxeis	2.300.754
Mínimo	-0,95
Máximo	1
Média	0,45
Desvio Padrão	0,19

Para a representação espacial dos índices de vegetação observados no ano 2011, foram consideradas as classes definidas anteriormente e expostas na Tabela 2, a fim de uniformizar a comparação com o ano de 2000. O resultado obtido pode ser observado na Figura 4.

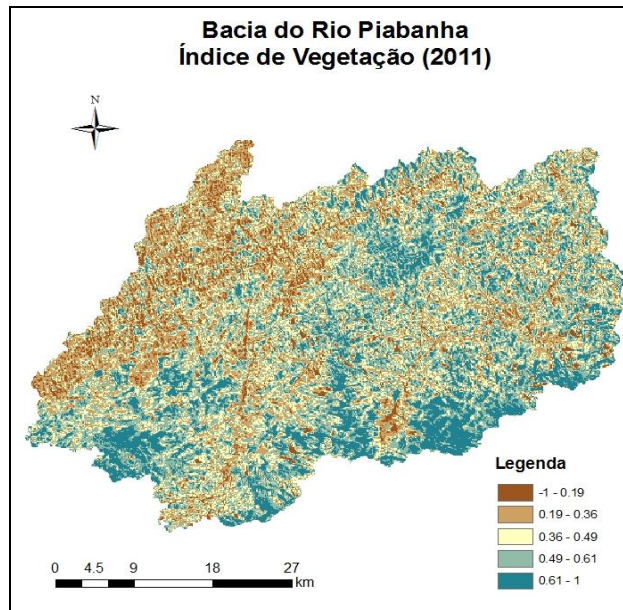


Figura 4. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) na bacia do rio Piabanha, 2011

Foi observada a abrangência de cada classe em ambos os anos em relação à área total da bacia, conforme exposto na Figura 5. É possível observar, ao comparar os anos de 2000 e 2011, que houve uma redução da quantidade de elementos das classes 3, 4 e 5, que englobam os píxeis com valores de NDVI maiores, e, por conseguinte, representam potencialmente regiões com maior biomassa.

Os píxeis, que, na imagem de 2011, não mais se enquadram nas classes supracitadas, apresentam-se distribuídos nas classes 1 e 2, identificando regiões com menor índice de vegetação.

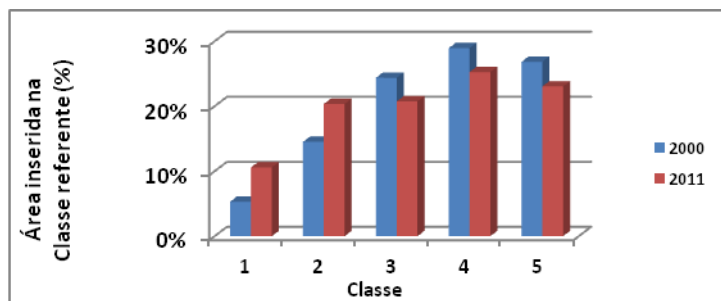


Figura 5. Abrangência de cada classe em relação a área total da bacia

As estatísticas obtidas para o conjunto de dados relativo à diferença entre os valores de NDVI de 2000 e 2011 podem ser observadas na Tabela 4. A partir desses valores, obtiveram-se as classes para análise e mapeamento da evolução temporal do NDVI na região, expostas na Tabela 5.

Tabela 4. Estatísticas do NDVI: diferenças entre 2000 e 2011 - Bacia do Rio Piabanha

Diferença entre 2000 e 2011	
Mínimo	-1,52
Máximo	1,53
Média	0,4
Desvio Padrão	0,18

Tabela 5. Classes de agrupamento das diferenças entre NDVI

Classes de alteração no NDVI	
Aumento	-1,52 a -0,18
Sem alteração significativa	-0,18 a 0,18
Máximo	0,18 a 1,53

Na Figura 6, são apresentadas, de forma espacializada, as alterações no NDVI da bacia em análise entre os anos de 2000 e 2011, sendo possível visualizar os focos de maior alteração na vegetação: em vermelho, estão configuradas as áreas em que houve perda de biomassa, indicadas pela redução no NDVI; em amarelo, observam-se regiões onde não houve alterações significativas, delimitadas por diferenças nulas ou próximas a zero entre índices de vegetação calculados obtidos nas duas datas; as regiões representadas pela cor verde apresentam diferenças negativas nos valores de NDVI, indicando um possível aumento de biomassa.

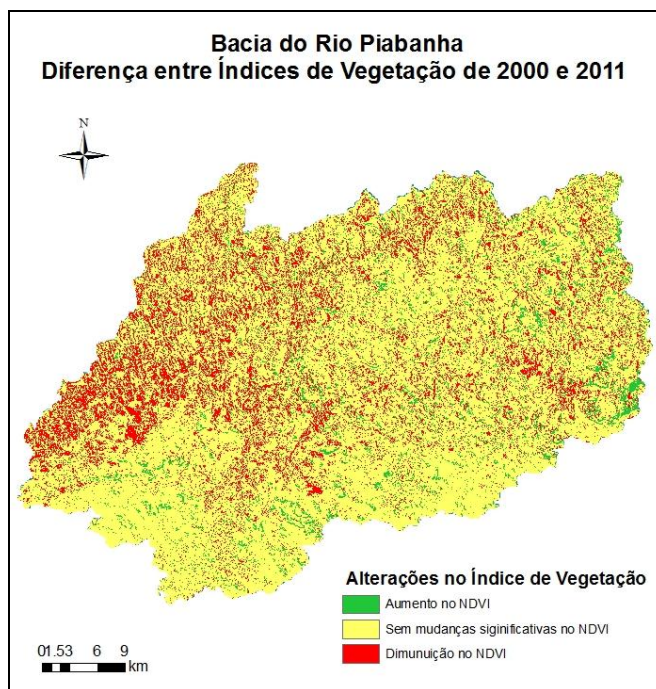


Figura 6. Alteração no índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) entre os anos 2000 e 2011

4. Conclusões

A partir da análise das imagens de NDVI, foi possível identificar a tendência de mudança no índice de vegetação na bacia do rio Piabanha. Foi possível observar que, em 2000, os píxeis cujo índice de vegetação inseriam-se nas classes 1 e 2 (NDVI entre -1 a 0,36) abrangeram cerca de 20% da área da bacia. Por outro lado, em 2011, esse valor cresceu para mais de 30%.

Esse cenário permite caracterizar a redução da área vegetada na bacia, mostrando o suporte que o emprego do NDVI, obtido via imagens de satélite, pode oferecer para o direcionamento de estudos mais detalhados e implementação de práticas de conservação e recuperação de áreas degradadas, com a concepção integrada de avaliação da disponibilidade de água em quantidade e em qualidade na região de estudo.

Agradecimentos

A primeira autora agradece a bolsa de estudos para o mestrado viabilizada pela CAPES, enquanto o segundo autor agradece a bolsa de estudos para o doutorado disponibilizada pelo CNPq. Adicionalmente, os autores reconhecem o suporte da FAPERJ pelo apoio financeiro através dos projetos PEC/COPPE - FAPERJ 014/2010 (2010-2012), projeto FAPERJ – Processo E-26/103.116/2011 (2012-2014) e projeto IME-PEC/COPPE - CAPES - Aux-PE-PRO-Defense 1783/2008 (2008-2012).

Referências Bibliográficas

- Barros, V.R.; **Avaliação da evapotranspiração utilizando o algoritmo Sebal e imagens Landsat5-TM— estudo de caso: bacia do rio Piabanha/RJ**. Dissertação de mestrado. COPPE-UFRJ. 2012.
- Campbel, L. J. B.; WYNNE, R. H. **Introduction to remote sensing**, 5 ed, New York-London, The Guilford Press. 2011.
- Choudhury, B. J.; Ahmed, N. U.; Idso, S. B.; Reginato, R. J.; Daughtry, C. S. T. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. **Remote Sensing of Environment**. v. 50. pp. 1–17. 1994.
- COPPE/UFRJ. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Caderno de Ações da Bacia do Rio Piabanha**. In: Relatório Contratual R-10, elaborado como parte dos documentos de compõem o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, ANA, LabHid COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC, 2006.
- COPPE/UFRJ. “**Projeto – EIBEX-I - Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – Relatório 1**”, COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC. 2007
- COPPE/UFRJ. “**Projeto – EIBEX-I - Estudos Integrados de Bacias Experimentais – Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio de Janeiro – Relatório 2**”, COPPE/UFRJ, Fundação COPPETEC. 2010.
- Gillies, R. R.; Carlson, T. N.; Cui, J.; Kustas, W. P.; Humes, K. S. A. verification of the triangle method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature. **International Journal of Remote Sensing**. v. 18. pp. 3145–3166. 1997.
- Gutman, G. Vegetation indices from AVHRR. An update and future prospects. **Remote Sensing of Environment**. v. 35. pp. 121–136. 1991.
- Huete, A. R.; Jackson, R. D. Suitability of spectral indices for evaluating vegetation characteristics on arid rangelands. **Remote Sensing of Environment**. v. 23. pp. 213–232. 1987.
- Kling, A. S. M. **Aplicação do Método Battelle na avaliação do impacto ambiental na Bacia hidrográfica do rio Piabanha**. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. 2005.
- Knipling, E. B. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. **Remote Sensing of Environment**. v. 1. pp. 155–159. 1970.
- Libos, M.; Nicácio, R.M.; Temponi, L.; Rotunno Filho, O.C. Covariabilidade interanual entre a vegetação e o clima na bacia hidrográfica do rio Cuiabá - MT. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, p. 4739-4746. Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.
- Nicholson, S. E.; Davenport, M. L.; Malo, A. R. A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and east Africa. using Normalized Difference Vegetation Index from NOAA–AVHRR. **Climatic Change**. v. 17. pp. 209–241. 1990.
- Nucci, J. C.; Cavalheiro, F. Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – Conceito e Método. **GEOUSP n. 6**, São Paulo: Departamento de Geografia/USP. 1999. p. 29-36.
- Tucker, C. J.; Holben, B. N.; Elgin, J. H.; McMurtrey, J. E. **Remote Sensing of total dry matter accumulation in winter wheat**. **Remote Sensing of Environment**. v. 11. pp.171–189. 1981.
- Vieira, I.M.; Kazmierczak, M.L.; Malta, F.J.N.C Proposta metodológica para identificação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana. Estudo de caso: Campos do Jordão, SP. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, INPE, 2005.