

Avaliação de Índices de Vegetação Para a Discriminação de Alvos Agrícolas em Imagens de Satélites

Elmo Leonardo Xavier Tanajura^{1,2}

Mauro Antonio Homem Antunes¹

Marlene Salete Uberti¹

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
IT/Departamento de Engenharia
Br 465 km 7 - 23890-000 - Seropédica - RJ, Brasil
elmotanajura@yahoo.com.br, {mantunes, msuberti}@ufrrj.br

² Bolsista CNPq de Iniciação Científica, curso de Engenharia de Agrimensura

Abstract. Vegetation indices have been used for vegetation mapping and for vegetation parameter estimation. The objective of this paper is to present an evaluation of vegetation indices to verify which are best fit for mapping different agricultural and natural vegetation surfaces. ETM+ Landsat 7 images were transformed into reflectances, corrected for atmospheric effects and NDVI, PVI, SAVI and WdVI vegetation indices were calculated. Statistics, histogram and visual verification of the indices images showed that PVI has a better performance than the others. Comparisons between the indices showed that PVI had a slightly better performance than NDVI and a large difference in relation to SAVI and WdVI. Despite not having the best performance, NDVI continues to be an attractive vegetation index as it does not need soil reflectance data. Further research is necessary with classification trials between these indices.

Palavras-chave: Vegetation indices, vegetation mapping, remote sensing, índices de vegetação, mapeamento da vegetação, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A vegetação em geral é predominante na maioria das porções continentais ao longo da Terra, além de proporcionar um dos mais importantes ecossistemas. Por essa razão, estudos das mais diversas modalidades são voltados direta ou indiretamente para as áreas com vegetação.

O desenvolvimento de relações funcionais entre as características da vegetação e dados coletados remotamente tem sido meta de muitos estudos, principalmente aplicados aos setores agrícola e florestal. Para minimizar a variabilidade causada por fatores externos como solo, atmosfera e geometria de aquisição dos dados, a reflectância espectral tem sido transformada e combinada em vários índices de vegetação. Esta abordagem para a determinação de parâmetros da vegetação é referida na literatura como abordagem empírica (Hall et al, 1995). Os mais comumente empregados utilizam a informação contida nas reflectâncias dos dosséis referente às regiões do vermelho e infravermelho próximo, as quais são resultado de combinações de duas ou mais bandas espectrais através da soma, da diferença, da razão entre as bandas ou qualquer combinação. (Wiegand et al, 1991).

Segundo Xavier e Vettorazzi (2004), a importância dos índices de vegetação para mapear o índice de área foliar (IAF) é para a estimativa da fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelos dosséis das plantas (Walter-Shea et al, 1997), bem como da biomassa e percentagem da cobertura verde da superfície. Isso é possível devido à alta absorção dos pigmentos foliares nas regiões espectrais do vermelho e a alta reflectância no infravermelho próximo.

Conforme Chen et al (1986) e Vygodskaia et al (1989), o emprego dos índices de vegetação, para caracterizar e quantificar determinado parâmetro biofísico de culturas agrícolas tem-se duas grandes vantagens: a) Permite reduzir a dimensão das informações

multiespectrais através de um simples número além de minimizar o impacto das condições de iluminação e visada; b) fornece um número altamente correlacionado aos parâmetros agronômicos.

No entanto, os vários índices de vegetação podem ser diferentemente afetados pelas características de iluminação e visada, pela arquitetura do dossel e pelo substrato abaixo do dossel, justificando assim um estudo para avaliar o tipo de índice de vegetação mais adequado para cada aplicação. Para floresta de coníferas McDonald et al., (1998) encontraram que os índices de vegetação são significativamente afetados por ângulo zenital solar, reflectância do substrato, estrutura do dossel e IAF. Índices de vegetação são também afetados pelas características espectrais das folhas (Baret e Guyot, 1991).

Uma avaliação destes índices permitirá uma melhor escolha entre os diversos índices disponíveis na literatura. Os índices em uso na literatura são basicamente de dois tipos (Baret e Guyot, 1991): os índices baseados inclinação como o NDVI e o SAVI e aqueles baseados em distância, como o PVI e o WdVI.

2. Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é avaliar os índices de vegetação NDVI, PVI, SAVI e WdVI obtidos de imagens de reflectância da superfície, para três diferentes áreas de superfície vegetada e uma área de solo exposto. Esta avaliação visa obter parâmetros necessários para a diferenciação desses alvos com base nos índices.

3. Material e Métodos

Imagens TM Landsat 5 de 23/09/1988 e 23/08/2000 e ETM+ Landsat 7 de 29/08/1999, da cena 275_76 (**Figura 1**) referentes a região norte do estado do Rio de Janeiro foram processadas para este trabalho, sendo que neste artigo apenas a análise da ETM+ será apresentada. As imagens foram corrigidas para a atmosfera com o modelo 6S (Antunes 2003), georeferenciadas com dados obtidos de cartas na escala 1/15.000 e recortadas para a área de interesse.

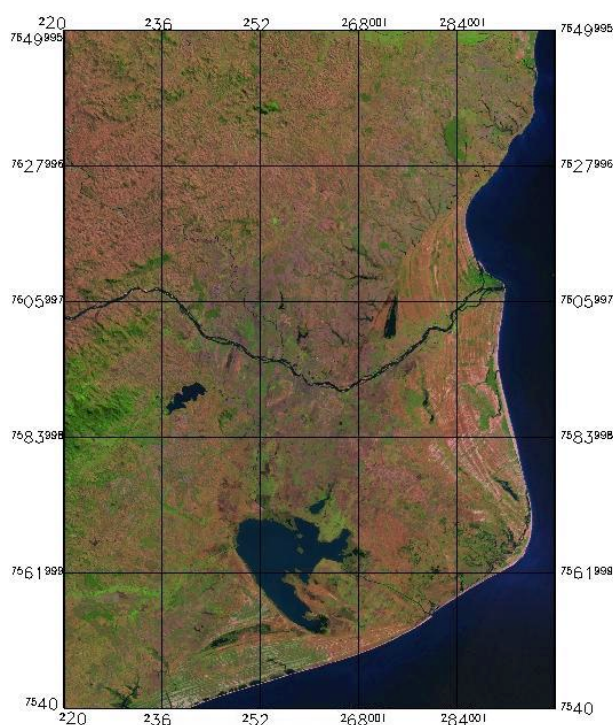


Figura 1: Composição RGB 543 da área estudada (Projeção UTM, SAD69, fuso 24 Sul).

As imagens foram transformadas de níveis de cinza (NC) para reflectância. Esta transformação consiste na obtenção de valores de radiância e reflectância planetária aparente (reflectância da superfície mais atmosfera a nível de satélite) e escalonada em níveis de cinza de acordo com o número de bits da imagem. Para a transformação de níveis de cinza em radiância para uma dada banda (L_λ) de uma imagem de 8 bits temos:

$$L_\lambda = NC \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} + L_{\min}$$

Onde L_{\max} e L_{\min} são a radiância máxima e mínima expressas em $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ para o sensor e banda em questão e que são fornecidas pelo fabricante do satélite.

Para o cálculo da reflectância a partir da radiância utiliza-se da seguinte fórmula:

$$\rho_\lambda = \frac{\pi L_\lambda d^2}{ESol_\lambda \cos \theta_s}$$

Onde:

π = Ângulo sólido do hemisfério projetado (sr);

ρ_λ = Reflectância planetária ao nível do satélite;

L_λ = Radiância espectral na abertura do sensor em $W sr^{-1} m^{-2} \mu m^{-1}$;

d = Distância do sol à terra em unidades astronômicas;

$ESol_\lambda$ = Irradiância solar média espectral fora da atmosfera em $W m^{-2} \mu m^{-1}$;

θ_s = Zênite solar no pixel da imagem em questão. Para simplificação em geral utiliza-se o zênite solar do centro da imagem.

Os índices foram calculados através de programas escritos em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) dentro do SPRING (Câmara et al., 1996) para as imagens em número digital e reflectância. A **Tabela 1** a seguir nos mostra os índices com suas respectivas fórmulas.

Tabela 1 - Fórmulas dos índices de vegetação, onde B3 e B4 são respectivamente a banda 3 e banda 4 do ETM+ Landsat 7, $B3_{Solo}$ e $B4_{Solo}$ são as médias dos valores dos pixels de solo exposto para as bandas 3 e 4 respectivamente, L é uma constante igual a 0,5 e C é a inclinação da linha de solo quando o intercepto passar pela origem.

ÍNDICE	FÓRMULA	REFERÊNCIA
NDVI	$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$	Rouse et al., (1974)
PVI	$PVI = \sqrt{(B3 - B3_{Solo})^2 + (B4 - B4_{Solo})^2}$	Richardson e Wiegand, (1977)
SAVI	$SAVI = \frac{(1 + L) * (B4 - B3)}{(B4 + B3 + L)}$	Huete, (1988)
WDVI	$WDVI = B4 - C * B3$ $C = \frac{B4_{Solo}}{B3_{Solo}}$	Clevers, (1988)

Para a determinação das diferenças entre os índices de vegetação, foi realizada uma análise estatística utilizando o teste t entre amostras (Steel e Torrie, 1960) obtidas de quatro

amostras que incluíam áreas de vegetação natural, agricultura e solo exposto. Este foi realizado após a verificação se as variâncias eram iguais ou não, sendo o teste aplicado de acordo com este resultado. Foram comparados também a média, mediana, moda e desvio padrão das imagens inteiras de cada índice de vegetação.

4. Resultados e Discussão

Os resultados dos índices de vegetação para a imagem inteira estão na **Tabela 2**. Observa-se pela tabela que o PVI teve um desvio padrão maior de todos, mostrando uma maior variabilidade e contraste maior entre todos os índices e em segundo lugar o NDVI. Os histogramas dos índices de vegetação são mostrados na **Figura 2**. Também nos histogramas verifica-se uma melhor distribuição dos valores de níveis de cinza para o índice de vegetação PVI. Para a classificação de imagens essa característica é fundamental e permite uma maior separabilidade entre os diferentes alvos.

Tabela 2 – Valores da média, desvio padrão e mediana dos índices de vegetação.

ÍNDICE	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	MEDIANA
NDVI	136,4	37,7	124
PVI	89,6	54,4	128
SAVI	157,9	33,6	125
WDVI	135,8	18,2	137

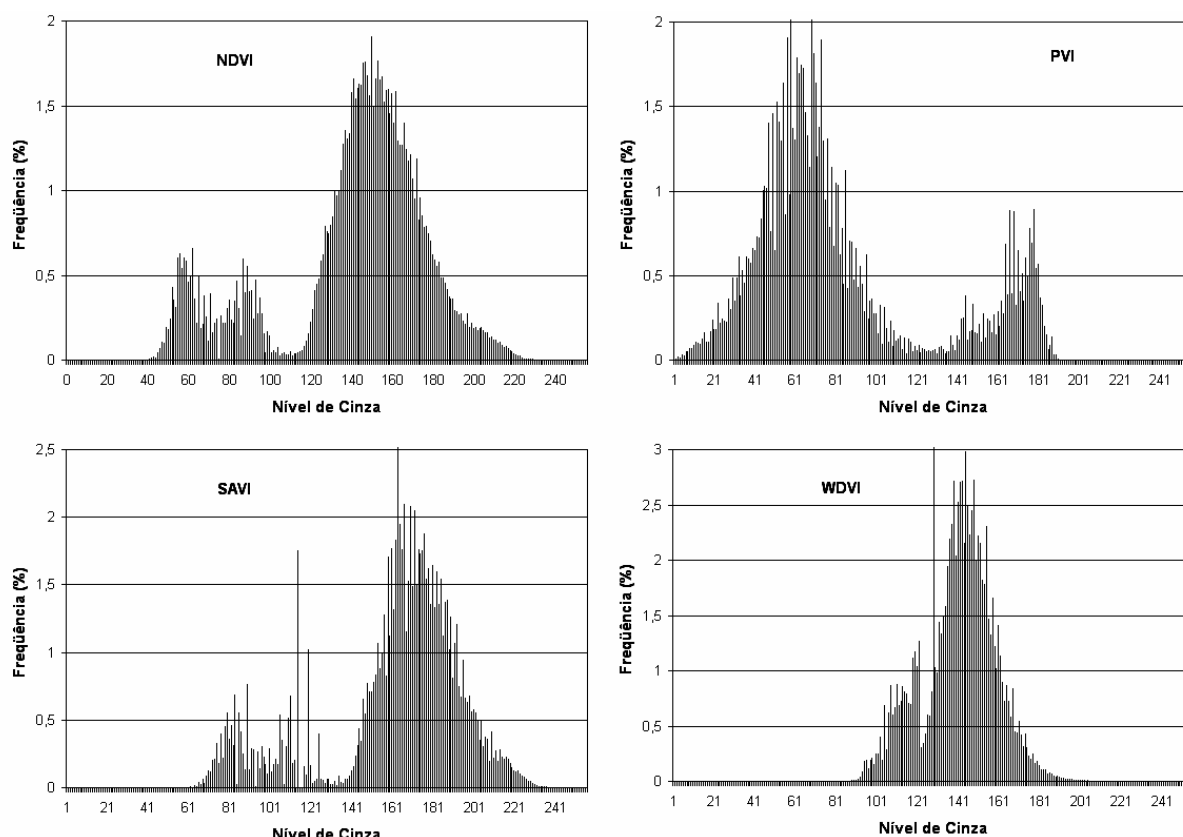


Figura 2 - Histogramas das imagens dos índices de vegetação.

Uma grande diferença entre o PVI e o NDVI é que os histogramas destes dois índices apareceram espelhados. Para o NDVI os pixels de água aparecem mais escuros com níveis de cinza até aproximadamente 110, ao passo que no caso do PVI a água aparece com níveis de

cinza mais claros variando aproximadamente de 130 a 190. Para o estudo de superfície fora de água um procedimento que pode melhorar o desempenho do PVI é a expansão dos níveis de cinza de modo que o contraste seja aumentado para alvos de vegetação e solo exposto. Mesmo sem este procedimento o contraste de alvos terrestres é ligeiramente maior para o PVI em relação ao NDVI, conforme mostram os histogramas acima.

A **Figura 3** ilustra as imagens dos índices sem a aplicação de contraste e escalonados entre 0 e 255. Estes resultados confirmam que o índice PVI teve as superfícies de águas mais claras do que de terra firme. Embora a imagem pareça um pouco escura, as estatísticas e os histogramas acima mostram que este índice teve um melhor desempenho com melhor potencial para diferenciar os alvos agrícolas e também vegetação natural.

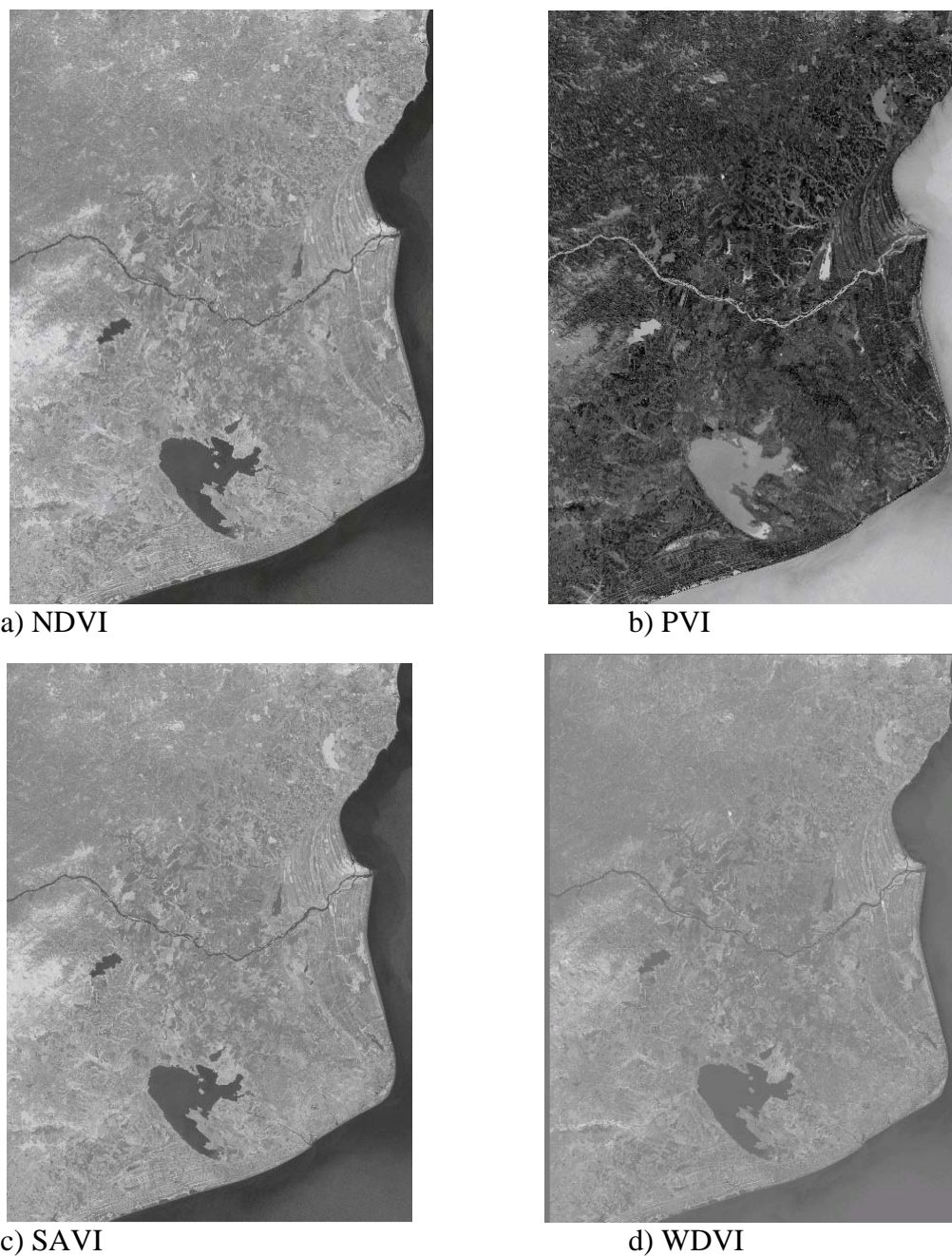


Figura 3 – Índices de vegetação calculados a partir da imagem ETM+ Landsat 7.

O teste t realizado entre cada amostra de vegetação e solo exposto para cada índice de vegetação mostrou que todos índices são diferentes até mesmo ao nível de 99% de probabilidade entre as diferentes amostras. Assim, todos eles teoricamente permitem a separação dos alvos estudados, embora o PVI tenha se sobressaído e depois deste o NDVI.

5. Conclusões e Recomendações

O índice PVI teve um melhor desempenho nos resultados aqui apresentados, e por isso é recomendável o uso deste para a separação de alvos agrícolas e de vegetação natural. O PVI e o NDVI tiveram os resultados de histograma espelhados, o que requer um estudo para ver qual a causa deste espelhamento. Embora a imagem do PVI estivesse com níveis de cinza mais baixos que os demais índices, o contraste entre os pixels sobre a superfície foi maior, mostrando assim seu potencial para a separação de alvos.

Recomenda-se a extensão deste trabalho comparando-se os índices de vegetação para um número maior de datas e também a utilização destes em classificadores digitais de imagens. Recomenda-se também, que no caso do PVI seja feito um re-escalamento dos níveis de cinza das imagens de maneira a se conseguir uma melhor distribuição dos níveis de cinza. É recomendável também que num passo seguinte seja pesquisado a correlação do PVI com parâmetros da vegetação que possam ter significado biofísico, com a fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida e com o índice de área foliar.

Referências

- Antunes, M.A.H.; Freire, R.M.B.; Botelho, A.S.; Toniolli, L.H. Correções atmosféricas de imagens de satélites utilizando o Modelo 6S. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Belo Horizonte, 2003. **Anais... XXI Congresso Brasileiro de Cartografia**. 2003.
- Baret, F., Guyot, G., Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, **Remote Sensing of Environment**, 35:161-173, 1991.
- Câmara, G.; Souza R.C.M.; Freitas U. M.; Garrido J.C.P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modeling, **Computers and Graphics**, v.15, n.6, p.13-22, 1996.
- Chen, C.S.; Tardin, A.T.; Batista, G.T. **Índices de Vegetação e suas aplicações na agricultura**. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 1986. 24p. (INPE-3912-MD/030).
- Clevers, J.G.P.W. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index, **Remote Sensing of Environment**, v.1, n.25, p 53-70, 1988.
- Huete, A.R. A soil adjusted vegetation index (SAVI), **Remote Sensing of Environment**, v.2, n.25: p.295-309, 1988.
- Hall, F. G., Townshend, J. R., Engman, E. T., Status of remote sensing algorithms for estimation of land surface state parameters, **Remote Sensing of Environment**, 51:138-156, 1995.
- McDonald, A. J.; Gemmell, F. M. and. Lewis P. E. Investigation of the Utility of Spectral Vegetation Indices for Determining Information on Coniferous Forests, **Remote Sensing of Environment**, 66:250–272, 1998.
- Richardson, A.J. and Wiegand, C.L. Distinguishing vegetation from soil background information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.1 n.43, p.1541-1552, 1977.
- Rouse, J.W., R.H. HAAS, J.A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., **Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach**. McGraw-Hill, 2nd ed., 1960, 633 p.
- Vygodskaya, N.N.; Gorshkova, I.; Fadeyeva, Ye, V. Theoretical estimates of sensitivity in some vegetation indices to variation in the canopy condition. **International Journal of Remote Sensing**, v10, n12, p.1857-72, 1989.

Walter-Shea, E. A., Privette, J., Cornell, D., Mesarch, M. A., and Hays, C. J., Relations between directional spectral vegetation indices and leaf area and absorbed radiation in alfalfa, **Remote Sensing of Environment**, 61:162-177, 1997.

Wiegand, C.L.; Gansman, HW.; Cuellar, J.A.; Gergberman, A.H.; Rinchardson, A.J. Vegetation density as deduced from ERTS-1MSS response. In: **Proceedings ERTS SIMPOSIUM**, 3,1974, Washington. Proceedings. Washington,DC:[sn], 1974. v1, p93-116.

Xavier, A. C. and Vettorazzi, C. A. Mapping leaf area index through spectral vegetation indices in a subtropical watershed, **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, n. 9, p1661–1672, 2004.