

Avaliação do desempenho de dois Índices de Vegetação (NDVI e SAVI) por meio de Índice de Qualidade de Imagens

Thalita Scharr Rodrigues¹
Selma Regina Aranha Ribeiro¹
Maria Salete Marcon Gomes Vaz¹

Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG
Campus Uvaranas - Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 – CEP 84030.900
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
{ thalitascharr, selmar.aranha } @gmail.com, salete@uepg.br

Abstract: The objective of this paper is to present an evaluation of vegetation indices (NDVI and SAVI) to verify which are best fit for mapping different agricultural and natural vegetation surfaces. Vegetation indices were calculated using TM Landsat 5 images of Ponta Grossa, PR. Statistics, histogram and visual verification of the indices images showed that NDVI has a better performance than SAVI. Despite not having the best performance, SAVI continues to be an attractive vegetation index for verify different stages of crops. Further research is necessary with classification trials between these indices.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, agriculture.

1. Introdução

Durante as últimas décadas, imagens de satélite têm sido utilizadas como auxílio no levantamento da área ocupada pelas culturas agrícolas e outras formas de uso do solo. A utilização de imagens de diversos sensores deve-se ao fato de possuírem caráter de cobertura abrangente e serem obtidas frequentemente (EPIPHANIO et al., 2002). Nesse contexto, foram criados determinados índices para a análise da vegetação, que são combinações aritméticas de duas ou mais bandas relacionadas com características espectrais da vegetação. Índices de vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), são amplamente utilizados para o monitoramento fenológico e classificação da vegetação, e também para o estudo dos parâmetros estruturais da vegetação (MATSUSHITA et al., 2007)

O emprego dos índices de vegetação, para caracterizar e quantificar culturas agrícolas apresenta duas grandes vantagens (CHEN et al., 1986): a) Permite reduzir a dimensão das informações multiespectrais e minimiza o impacto das condições de iluminação e visada; b) fornece um número fortemente correlacionado aos parâmetros agrônômicos. No entanto, os índices de vegetação podem ser afetados pelas características de iluminação, visada, pelo substrato abaixo do dossel e sua arquitetura, justificando assim um estudo para avaliar o tipo de índice de vegetação mais adequado para cada aplicação (TANAJURA et al., 2005).

O presente trabalho apresenta a comparação entre os resultados de dois índices de vegetação, NDVI e SAVI, utilizando histogramas e Índice de Qualidade de Imagem (IQI).

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

No presente trabalho foi determinada a área de estudo localizada no município de Ponta Grossa, Paraná. Ponta Grossa está localizada no segundo planalto paranaense, na região dos Campos Gerais. As coordenadas são 25°12'16"S 49°57'47"W. A Figura 1 apresenta a localização do município de Ponta Grossa no estado do Paraná e também a localização da área de estudo.



Figura 1 – Área de estudo no município de Ponta Grossa (PR)

As imagens do sensor Landsat 5 apresentam resolução espacial de 30 m, radiométrica de 8 bits e possui 7 bandas espectrais, incluindo uma banda termal. Para os cálculos dos índices foram utilizadas a banda do vermelho e a banda do infravermelho próximo, que possuem as resoluções $0.63 - 0.69 \mu\text{m}$ e $0.76 - 0.90 \mu\text{m}$, respectivamente. As imagens orbitais podem ser obtidas gratuitamente em repositórios existentes na Internet, como o da NASA (disponível em <http://www.earthexplorer.usgs.gov>) e o do INPE (disponível em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>). A Figura 2 apresenta o diagrama de blocos com as etapas realizadas após a obtenção das imagens do município de Ponta Grossa, no mês de janeiro dos anos de 2001, 2004 e 2009.

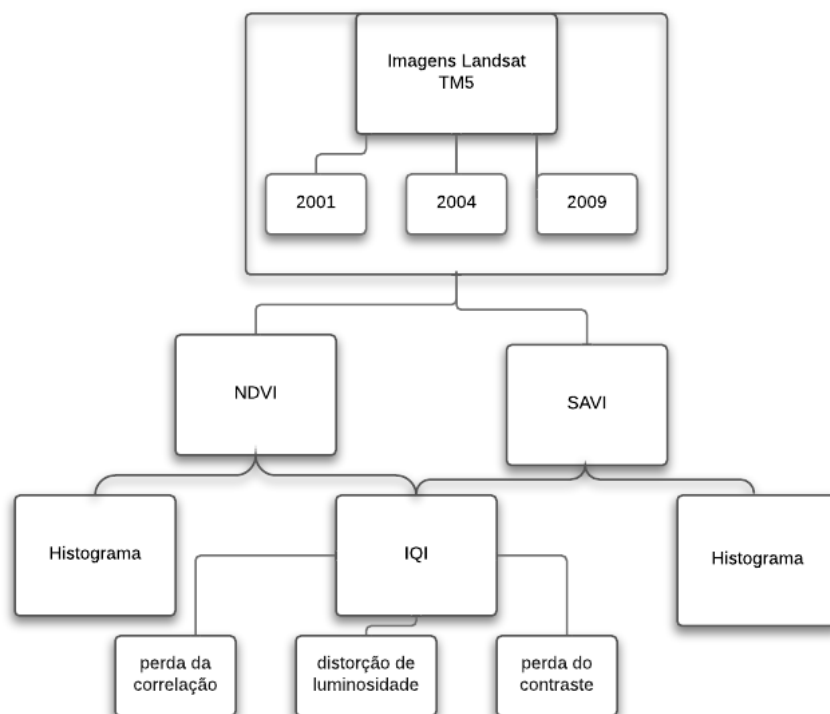


Figura 2 – Etapas do processamento das imagens.

Após a obtenção das imagens, foi realizada a correção atmosférica utilizando o método do pixel preto. O software utilizado para a aplicação dos índices de vegetação e para a geração dos histogramas foi o IDRISI Selva. Posteriormente, foi feita a análise das imagens

resultantes utilizando o software Matlab (versão 2011a). Para a comparação no Matlab, foi utilizado o Índice de Qualidade de Imagem (IQI).

2.2.1 Índices de Vegetação

O índice de vegetação da diferença normalizada - NDVI utiliza a diferença da reflectância entre a faixa do infravermelho próximo e a reflectância da faixa de visível. A vegetação saudável absorve a maior parte da luz visível que a atinge e reflete grande parte da luz infravermelha. Quando a vegetação está doente, reflete mais a luz visível e menos a luz do infravermelho próximo. O NDVI é constantemente utilizado para detecção de seca. Os valores do índice variam de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação e que o valor zero se refere aos pixels não vegetados. O NDVI é o índice mais usado até hoje e reduz o efeito topográfico. O índice é apresentado pela Equação 1.

$$NDVI = \frac{nir - red}{nir + red} \quad (1)$$

em que, nir = reflectância no infravermelho próximo;

red = reflectância no vermelho;

Para minimizar os efeitos da interferência da presença de solo na caracterização do dossel das plantas, Huete (1988) desenvolveu o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index), expresso pela Equação 2.

$$SAVI = \frac{(1+L)(nir - red)}{nir + red + L} \quad (2)$$

Onde:

NIR = reflectância na banda do infravermelho próximo;

Red = reflectância na banda do vermelho e;

L = o fator de ajuste para o substrato do dossel.

Para as áreas, onde a cobertura vegetal é muito baixa, foi sugerido o fator L de 1,0; para cobertura vegetal intermediária, fator 0,5, e para altas densidades de vegetação, fator 0,25. Quando o valor L for igual a zero, o índice SAVI equivalerá ao índice NDVI.

Índice de Qualidade de Imagens (IQI)

Na avaliação dos resultados dos índices NDVI e SAVI para a mesma área, é utilizado o índice IQI (*Image Quality Index*, WANG e BOVIK, 2002). Calculando-se este índice é possível confrontar os resultados obtidos, por meio da comparação das imagens da mesma área nos três anos distintos. Para tanto se utiliza a combinação de três fatores entre as imagens a serem testadas: perda da correlação, distorção da luminosidade e distorção do contraste (WEIDNER, 2008), como mostrado na Equação 03, o produto destes três fatores.

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (3)$$

Onde:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{e} \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{e}$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

3. Resultados e Discussão

Os índices de vegetação são operações entre bandas para realce de feições. Embora os valores utilizados pelo índice NDVI utilizarem a escala de -1 a 1, com o objetivo de comparar os resultados obtidos pela aplicação dos índices de vegetação NDVI e SAVI, foi utilizada a escala de cores de 0 a 255.

Os resultados do estudo estão apresentados na Figura 3 (a e b), 4 (a e b) e 5 (a e b). A Figura 3a apresenta a imagem orbital do sensor Landsat 5 TM, órbita 221 ponto 77 da área de estudo de janeiro de 2001 (ampliada para melhor visualização) em uma composição colorida falsa-cor, 5R4G3B. A Figura 3 (b) é a banda artificial do NDVI e a Figura 3 (c), a banda artificial do SAVI.

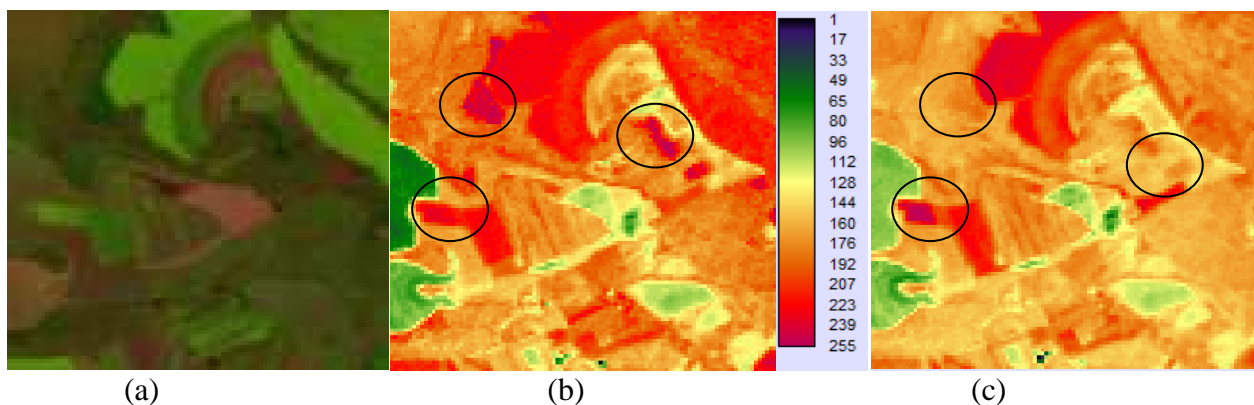


Figura 3 – Composição colorida falsa-cor 5R4G3B (a), NDVI (b) e SAVI do ano de 2001 (c).

Pode ser visualizado na Figura 3a, que existem áreas de solo exposto (cores próximas ao magenta e suas nuances, tons de rosa e marrom) e áreas de vegetação (cores verdes). Quanto mais claro o tom do verde, mais avançado está o ciclo fenológico da cultura. As classes de uso citadas foram definidas mediante o mapa topográfico SG-22-X-C-II-2, é definido que a área com tom de verde mais claro é cultivo de soja, uma das culturas agrícolas mais importantes para a economia paranaense.

Como pode ser observado na Figura 3b e na Figura 3c, houve diferenças entre os resultados do NDVI e do SAVI. Primeiramente, analisando os resultados de classificação de

solos expostos, que aparecem com cores próximas do verde nas imagens resultantes da aplicação dos índices, é possível afirmar que os resultados de ambos foram equivalentes. Já em relação à vegetação, no caso da cultura de soja, o SAVI apresentou melhor desempenho para diferenciar cultura em diferentes estádios fenológicos. Por outro lado, tratando-se de vegetação natural, o índice NDVI apresentou melhores resultados se comparado ao SAVI. Pode ser observado na Figura 3b que as áreas de vegetação natural, ou seja, as áreas de cor verde escura na Figura 3a, foram representadas com a cor magenta pelo NDVI, como foi destacado pelos círculos. O mesmo não pode ser visto na Figura 3c, sendo que o SAVI não foi capaz de distinguir a vegetação natural em várias áreas.

Os resultados do estudo para o ano de 2004 estão apresentados na Figura 4 (a, b e c).

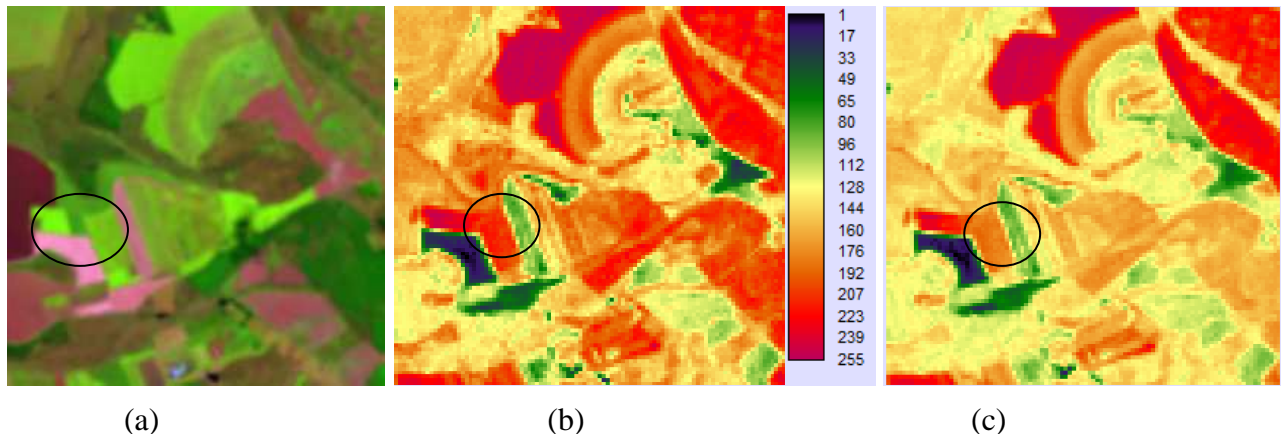


Figura 4 – Composição colorida falsa-cor 5R4G3B (a), NDVI (b) e SAVI do ano de 2004 (c).

A Figura 4a mostra a composição colorida falsa-cor 5R4G3B e nela podem ser visualizadas diversas diferenças da mesma área após o período de três anos. Entretanto, a área na parte superior da imagem analisada anteriormente como cultivo de soja apresenta aspecto semelhante à figura do ano de 2001.

Do mesmo modo que aconteceu no ano de 2001, a detecção de solo exposto foi satisfatória para os dois índices. Diferentemente da classificação anterior, o NDVI relacionou vegetação natural na Figura 4b com tom de vermelho, sendo que na imagem de 2001 a cor estava mais próxima do magenta. Acredita-se que, a diferença mais significativa da análise de 2004 foi na área destacada nas imagens, onde pode ser visualizado um pequeno talhão azul. Como pode ser visto na Figura 4a, ao lado dessa área existem vegetações coloridas com diferentes tons de verde, indicando assim que a cultura está em ciclos de desenvolvimento diferentes. O NDVI desconsiderou novamente a diferença dos estádios, sendo que a mesma pode ser visualizada mais facilmente na Figura 4c (SAVI).

Os resultados do estudo para o ano de 2009 podem ser visualizados na Figura 5 (a,b e c).

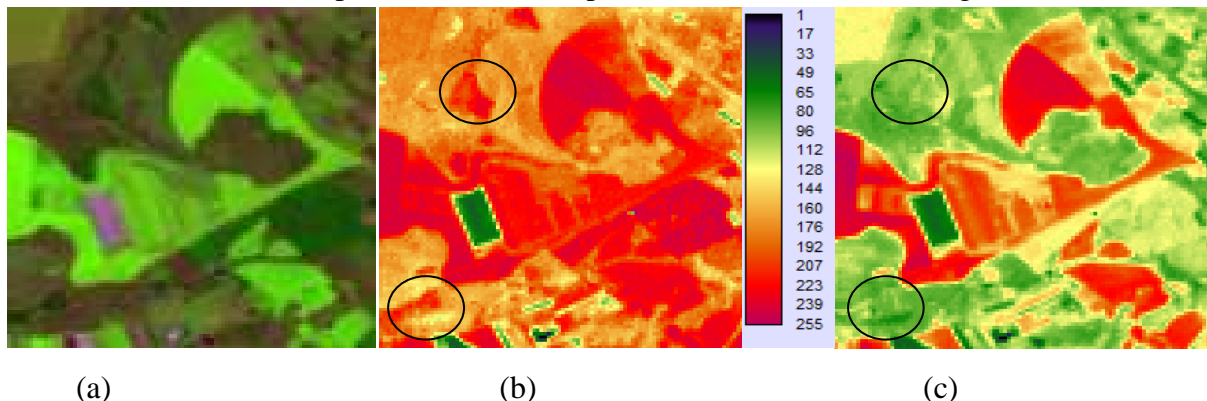


Figura 5 – Composição colorida falsa-cor 5R4G3B (a), NDVI (b) e SAVI do ano de 2009 (c).

É visível que as imagens NDVI e SAVI do ano de 2009 foram as que mais apresentaram diferenças de classificações entre as imagens dos três anos.

Pela tonalidade verde predominante na Figura 5c, pode-se concluir que o SAVI apresentou erros na discriminação de vegetação natural, do mesmo modo que nos anos de 2001 e 2004. Na parte superior esquerda da Figura 5a percebe-se a existência de vegetação natural (destacado na imagem), sendo que na Figura 5b a mesma área aparece com tons de vermelho. Entretanto, observando o mesmo local na Figura 5c, nota-se que o SAVI a classificou com cor verde, significando que o solo não estava exposto, mas com cobertura vegetal baixa. Porém, o NDVI classificou uma área, na parte inferior esquerda, de vegetação natural com a mesma cor (magenta) que a cultura agrícola de soja, diferentemente do SAVI, que utilizou a cor magenta apenas para a cultura agrícola.

Uma consideração sobre essa diferença pode ser explicado pelas conclusões de Ponzoni e Shimabukuro (2009), quando os autores mencionam que as sombras do dossel influenciam nos valores de NDVI. Desse modo, em áreas com vegetações mais espaçadas os dados podem ser superestimados devido à maior ação das sobras das plantas.

Histogramas e valores do Índice de Qualidade de Imagem

Para melhor analisar as discussões visuais, foram utilizados os histogramas e também o Índice de Qualidade da Imagem (IQI). Os histogramas são técnicas estatísticas importantes para a comparação dos índices de vegetação, sendo que quanto maior a distribuição dos níveis digitais, maior o contraste da cena. Os histogramas dos índices de vegetação são mostrados nas Figuras 6(a e b), 7(a e b) e 8 (a e b).

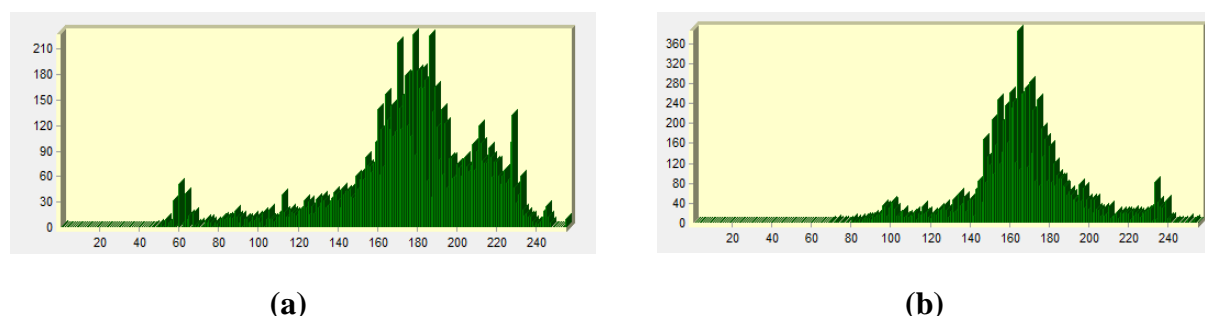


Figura 6- Histograma do NDVI (a) e Histograma do SAVI(b) do ano de 2001

A Figura 6(a) representa o histograma do NDVI do ano de 2001, sendo que ao compará-lo com o histograma do SAVI Figura 6(b) para o mesmo ano, pode-se concluir que os níveis digitais estão mais bem distribuídos no histograma do NDVI. Como citado anteriormente, o cálculo do IQI foi realizado no Matlab para a comparação entre os índices de vegetação. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos pelo IQI de perda de correlação, distorção de luminosidade, distorção de contraste, qualidade da imagem, média e variância do NDVI e SAVI para o ano de 2001. As informações apresentadas pelos histogramas podem ser confirmadas pelos valores das médias da Tabela 1, sendo que a média do NDVI foi menor que a do SAVI, evidenciando assim a diferença de luminosidade.

Tabela 1 – Valores do Índice de Qualidade de Imagem (IQI) para o ano de 2001

Ano	Perda de Correlação	Distorção de Luminosidade	Distorção de Contraste	Qi	Média NDVI	Média SAVI	Variância NDVI	Variância SAVI
2001	0.4560697	0.9620804	0.9994924	0.361563	176	181	130	135

O valor da Perda de Correlação pode ser considerado baixo (quanto mais próximo de 1, maior a correlação entre as imagens), significando que houve diferenças significativas das formas (polígonos) entre a imagem NDVI e a imagem SAVI. Esse aspecto pode ser confirmado observando a parte superior das Figuras 3a e 3b. Já os valores da distorção de contraste e luminosidade, próximos de 1, indicam que em quesitos como cor e brilho, os resultados dos índices foram semelhantes.

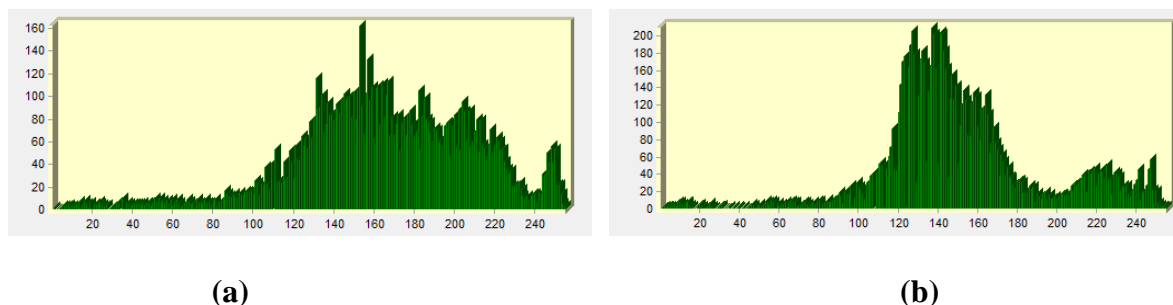


Figura 7- Histograma do NDVI e Histograma do SAVI do ano de 2004

A Figura 7(a) representa o histograma do NDVI do ano de 2004 e a Figura 7(b), o histograma do SAVI para o mesmo ano. Da mesma forma que foi acontecido para o ano de 2001, comparando os dois histogramas, percebe-se que no histograma do NDVI, os níveis digitais estão mais bem distribuídos. Porém, o histograma do SAVI do ano de 2004 apresentou uma distribuição dos níveis digitais melhor do que o histograma do ano de 2001. Na Tabela 2 podem ser visualizados os valores obtidos pelo IQI de perda de correlação, distorção de luminosidade, distorção de contraste, qualidade da imagem, média e variância do NDVI e SAVI para o ano de 2004. Em comparação ao ano de 2001, a correlação entre as imagens dos índices foi maior, sendo que a diferença entre as médias e o valor da distorção de contraste também foi menor. Como os valores foram altos (próximos de 1), o valor do índice de qualidade (Qi) foi o maior dos três anos.

Tabela 2 – Valores do Índice de Qualidade de Imagem (IQI) para o ano de 2004

Ano	Perda de Correlação	Distorção de Luminosidade	Distorção de Contraste	Qi	Média NDVI	Média SAVI	Variância NDVI	Variância SAVI
2004	0.8602892	0.9841199	0.9789594	0.820649	181	151	135	166

A Figura 8(a) representa o histograma do NDVI do ano de 2009 e a Figura 8(b), o histograma do SAVI para o mesmo ano.

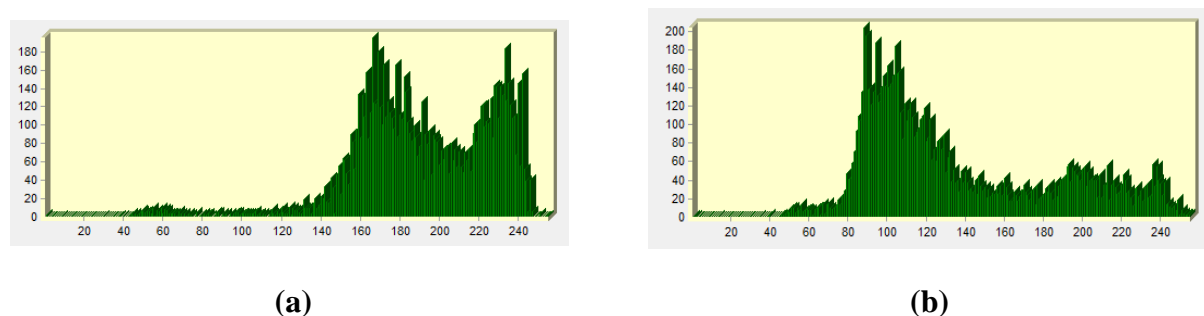


Figura 8- Histograma do NDVI e Histograma do SAVI do ano de 2009

Como foi concluído anteriormente, pela análise das imagens NDVI e SAVI, foram as imagens que mais apresentaram diferenças, principalmente na classificação e nas cores

atribuídas as classes. Esse fato se confirma com o valor mais da distorção de contraste e com o valor alto da variância do índice SAVI. Além disso, a diferença entre as médias foi grande, desse modo confirmando a diferença entre a luminosidade das imagens resultantes dos índices.

Tabela 3 – Valores do Índice de Qualidade de Imagem (IQI) para o ano de 2009

Ano	Perda de Correlação	Distorção de Luminosidade	Distorção de Contraste	Qi	Média NDVI	Média SAVI	Variância NDVI	Variância SAVI
2009	0.7921671	0.9404606	0.8189062	0.635461	191	134	124	238

4. Conclusões

Em relação aos valores obtidos pelos índices NDVI e SAVI é importante salientar que o SAVI, discriminou melhor as áreas de culturas agrícolas que apresentavam estádios fenológicos diferentes para a área de estudo, superando o desempenho do NDVI. Por outro lado, o NDVI teve melhores resultados para áreas de vegetação natural, sendo que o SAVI não as discriminou corretamente. A utilização do histograma e do IQI foi importante para avaliar numericamente os dados. Por meio do histograma, é possível avaliar qual índice apresentou melhor distribuição dos dados. Os valores resultantes do IQI foram importantes para ressaltar a perda de correlação entre os índices, assim como as diferenças entre a luminosidade e o contraste das imagens. Após a análise dos resultados dos três anos, pode-se concluir que quanto mais densa a vegetação, maior a diferença dos dados calculados.

Entretanto, é necessário ressaltar que dependendo da área de estudo, o resultado pode se diferenciar. Como trabalho futuro, recomenda-se um estudo que compare a aplicação dos índices de vegetação a uma quantidade maior de imagens e também o uso destes em classificadores digitais de imagens.

Agradecimentos

Agradecimento à CAPES, pela concessão de bolsa de estudo à Thalita Scharr Rodrigues.

Referências Bibliográficas

- 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).
- EPIPHANIO, J.C.N.; LUIZ, A.J.B.; FORMAGGIO, A.R. Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. *Bragantia*, v.61, p.187-197, 2002.
- HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v. 25, n. 3, p.205-309, Aug. 1988.
- MATSUSHITA, B, YANG, W, CHEN, J, ONDA, Y, G. Qiu Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: a case study in high-density cypress forest *Sensors*, 7 (2007), pp. 2636–2651.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2010
- TANAJURA, E.L.X, ANTUNES, M.A.H.; UBERTI, M.S. Avaliação de Índices de Vegetação Para a Discriminação de Alvos Agrícolas em Imagens de Satélites. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Goiânia, 2005. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005.
- WANG, Z.; BOVIK, A. C. A. Universal Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, v.10, 2002.
- WEIDNER, U. Contribution to the assessment of segmentation quality for remote sensing applications *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37 (Part B7) (2008).