

ANÁLISE TEMPORAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E SAVI NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE ITATINGA UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT 8¹

ANA PAULA LEITE², GLAUCIA REGINA SANTOS³, JANNAYLTON ÉVERTON
OLIVEIRA SANTOS⁴

¹Aceito para Publicação no 2º Trimestre de 2017.

²Geógrafa com ênfase em Climatologia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/Unesp, Campus de Ourinhos, Avenida Vitalina Marcusso 1500, Jardim das Paineiras, CEP 19910-206, Ourinhos/SP, Brasil, anapaulinhaleite@gmail.com;

³Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/Unesp, Rua Dr. José Barbosa de Barros 1780, CEP 18610-307, Botucatu/SP, Brasil, glauciaflorestal@gmail.com;

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Irrigação e Drenagem. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/Unesp, Rua Dr. José Barbosa de Barros 1780, CEP 18610-307, Botucatu/SP, Brasil, jannaylton@gmail.com.

Resumo:

Os avanços tecnológicos relacionados com o uso de imagens de satélites permitem o monitoramento da superfície terrestre, como por exemplo, de ações antrópicas e modificações ambientais. Esta ciência de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno por meio de dados obtidos por aparelhos distantes do alvo, são conhecidas como sensoriamento remoto, e tornam-se atrativas, pois reduzem custos e apresentam maior rapidez na obtenção de

informação. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi efetuar uma análise temporal da dinâmica de uso do solo na Estação Experimental de Itatinga –SP, no ano de 2013 e 2015, com o uso dos índices de vegetação NDVI e SAVI, por meio do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8. Ao analisar os resultados obtidos, verificou-se poucas alterações antrópicas e, tanto o NDVI quanto o SAVI, apresentaram resultados aproximados da realidade, porém pelo alto adensamento vegetal do local de estudo, o uso do NDVI apresentou-se mais adequado.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, índices de vegetação, análise temporal.

Temporal analysis of the vegetation index NDVI and SAVI in the Experimental Station of Itatinga using Landsat 8 images

Abstract:

Technological advances related to the use of satellite images allow the monitoring of the Earth's surface, for instance, of anthropogenic actions and environmental modifications.

This science of obtaining information about an object, area or phenomenon through data obtained by distant target devices are known as remote sensing, and become attractive since they reduce costs and provide greater speed in obtaining information. Thus, the objective of this study was to perform a temporal analysis of land use dynamics in the Experimental Station of Itatinga SP, from 2013 and 2015, with the use of NDVI and SAVI vegetation indices, through the Operational Land Imager (OLI) of the Landsat 8 satellite. By analyzing the results, anthropogenic changes were observed, and both NDVI and SAVI, presented similar results from reality, however, due to the overgrown vegetation of the study site, the use of NDVI was thought to be more appropriate.

Keywords: Remote sensing, vegetation index, temporal analysis.

Introdução

As técnicas de geoprocessamento tem sido amplamente utilizadas para monitorar as características biofísicas e as ações antrópicas na Terra, de modo que nos últimos anos o zoneamento do uso do solo tem sido realizado visando identificar áreas que necessitam de um manejo adequado, tanto em relação à erosão do solo quanto ao vigor da vegetação, e auxiliando a estabelecer condições de uso sustentável (OLIVEIRA et al., 2012).

Os cálculos dos índices de vegetação, que são medidas radiométricas adimensionais, foram criados para distinguir as informações espectrais da vegetação em relação as demais superfícies da terra (OLIVEIRA et al., 2009) e indicar a quantidade e qualidade da vegetação em uma área imageada (JENSEN, 2009). Portanto, orientam o manejo adequado dos recursos florestais e permitem analisar se a exploração dos recursos está de acordo com a capacidade de recuperação dos sistemas agrícolas, afetando a comercialização e o valor do produto no mercado (NOVO, 2008).

Desse modo, os índices de vegetação podem auxiliar no manejo florestal em relação aos estudos da interação entre o sinal de micro-ondas e os parâmetros estruturais, como no caso do povoamento de eucalipto (GAMA et al., 2006). Assim, esse trabalho teve como objetivo realizar uma análise temporal do uso do solo na Estação Experimental de Itatinga – SP, que possui em suas intermediações áreas de preservação permanente (APP), áreas de vegetação nativa e plantio de eucalipto comercial e experimental, por meio dos parâmetros NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e SAVI (*Soil-adjusted Vegetation Index*), e determinar qual índice é o mais eficiente na detecção de cobertura vegetal e nas possíveis alterações de uso do solo.

Material e método

Caracterização e histórico das áreas

A Estação Experimental de Itatinga – SP (EECF Itatinga), pertence ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, cujas coordenadas

geográficas são 23°10' de latitude (S) e 48°40' de longitude (W) e altitude de 857m, como pode ser visualizado na Figura 1.

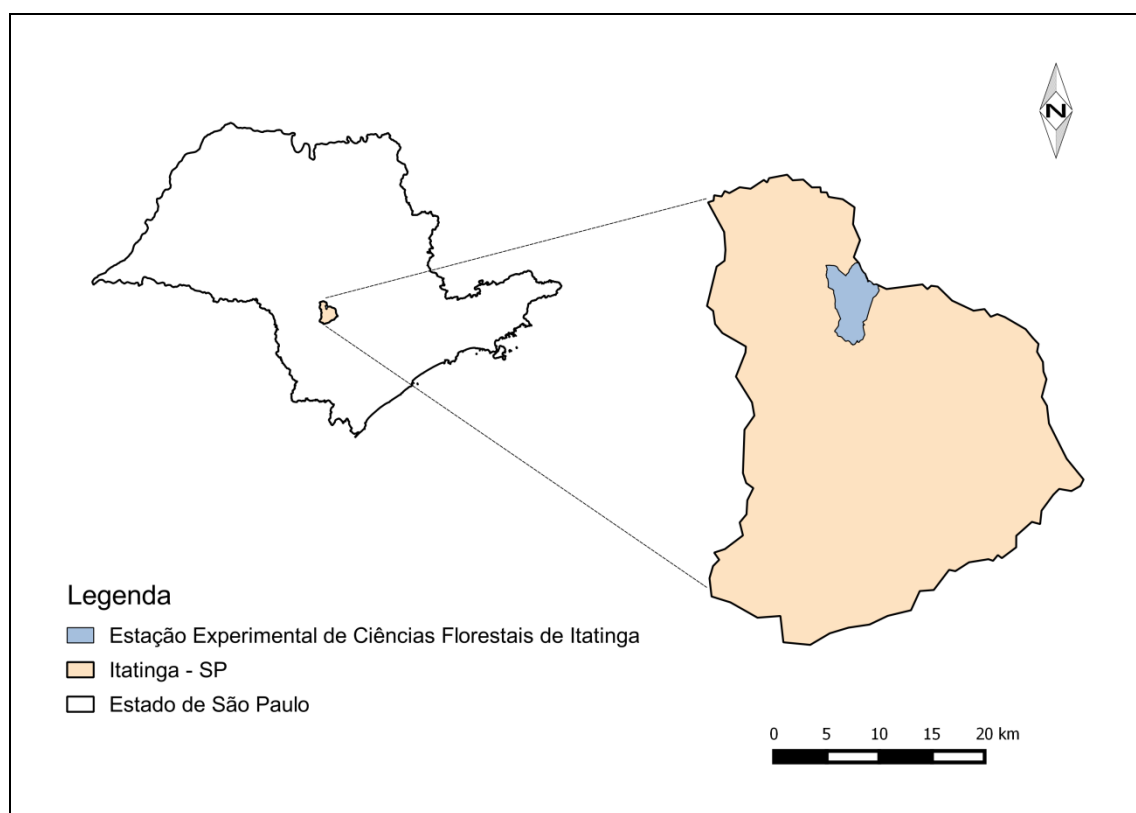


Figura 1: Localização da Estação Experimental de Itatinga - SP

Na EECF Itatinga, há plantios experimentais de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. E *Acaciamangium* Willd, plantios comerciais de *Eucalyptus* sp. e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado *sensu lato* (SARTORI et al., 2002).

Metodologia de trabalho

Utilizou-se imagens de satélite do ano de 2013 e 2015 do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8, para cobrir toda a extensão da EECF Itatinga, obtida da base de dados da *U.S. Geological Survey* (USGS) disponível em (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). As imagens correspondem a órbita/ponto 220/76, com data de passagem no dia 13 de agosto de 2015 e 23 agosto de 2013.

Conforme aponta Braz et al. (2015) para minimizar os efeitos de sazonalidade, as imagens devem ser obtidas em datas correspondentes a uma mesma estação do ano para que fenômenos naturais não interfiram na resposta espectral, e consequentemente, na análise da vegetação.

Os dados foram processados e manipulados em um sistema de informação geográfica (SIG) por meio do programa *Qgis 2.8.3* e os mapas temáticos foram gerados no *Qgis 2.8.3*. Assim como no trabalho de Matias et al. (2015) e Goltz et al. (2007) a correção da imagem foi realizada com base no método DOS (*Dark Object Subtraction*) nas bandas 4 (Vermelho) e 5 (Infravermelho - próximo). Latorre et al. (2002) aponta que a interação entre a atmosfera e a radiação eletromagnética faz com que ocorra alterações no fluxo radiante do alvo e por isso torna-se necessário a correção atmosférica, que é um tratamento das imagens de sensores remotos considerando os gases, os particulados e as propriedades ópticas da atmosfera. Depois de submetidas à correção atmosférica as bandas foram reprojatadas para o hemisfério sul, pois as imagens obtidas do Landsat 8 apresentam-se na latitude norte, desta maneira torna-se necessário reprojeta-las para o hemisfério correto do local do estudo. A Tabela 1 contém informações das bandas do *Operational Land Imager* (OLI) utilizadas neste trabalho:

Tabela 1: Caracterização das Bandas do Landsat-8

Bandas do Landsat-8	Comprimento de ondas (micrômetros)	de Resolução (metros)
Band 2 – Azul	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Verde	0.53 – 0.59	30
Band 4 – Vermelho	0.64 – 0.67	30
Band 5 – Infravermelho próximo	0.85 – 0.88	30
Band 8 – Pancromática	0.50 – 0.68	15

Fonte: Adaptado de Otake (2015).

Os índices de vegetação analisados ao longo deste trabalho utilizam-se das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho-próximo) para realização das

equações, porém para visualização da imagem na cor verdadeira (RGB) torna-se necessário processar também as bandas 2 (azul) e 3 (verde). E finalmente, com o intuito de obter-se uma melhor resolução da imagem realizou-se a fusão com a banda 8 (pancromática).

Os índices de vegetação utilizados neste trabalho foram NDVI e SAVI. Para determinação dos índices é necessário o cálculo da radiância e posteriormente da reflectância para as bandas requeridas provenientes do sensor Landsat 8 como pode ser visualizado no trabalho de Lopes et al. (2010). Com os dados de reflectância é possível obter o NDVI com a seguinte equação (Equação 1):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

$$\rho_{NIR} + \rho_{RED}$$

Sendo ρ_{NIR} referente a banda do infravermelho próximo e ρ_{RED} banda do vermelho no sensor Landsat 8. O NDVI é um índice relacionado com a condição e quantidades de vegetação (BORATTO; GOMIDE, 2013), é sensível à clorofila e outros pigmentos que captam a radiação solar (RISSO et al., 2009).

Os valores do NDVI variam de -1 à 1, assim quanto mais próximo de 1 maior a densidade da cobertura vegetal, de modo que quanto menor a densidade da vegetação menor o valor do NDVI (POLONIO, 2015; PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

O índice NDVI é muito utilizado, já que ele reduz o efeito topográfico. Sua função é realçar as diferentes fisionomias de uma imagem, porém, apresenta influência no brilho e efeito espectral do solo, por isso, pode depreciar as avaliações da vegetação (DEMARCHI et al., 2011).

Para amenizar esses efeitos provenientes do solo, foi criado o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), que pode ser observado com a seguinte equação (Equação 2):

$$SAVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L} \quad (1+L) \quad (2)$$

Onde ρ_{NIR} é a banda do infravermelho próximo, ρ_{Red} é a banda do vermelho e L é o fator de ajuste para o substrato do dossel. O fator de ajuste é variável quanto à densidade da vegetação. Para cobertura vegetal de menor densidade o fator L é 1,0; para cobertura densidade vegetal intermediária o fator será 0,5, e para altas densidades, fator 0,25. O índice SAVI equivalerá ao índice NDVI quando o fator L for igual a zero (DEMARCHI et al., 2011)

Tanto o SAVI como o NDVI são indicadores da densidade e da condição da vegetação verde. O SAVI é uma adaptação do NDVI, porém o SAVI utiliza um fator de ajuste para minimizar o efeito da presença de solo em meio à vegetação, retirando o efeito dos solos claros ou escuros, amenizando assim os efeitos do background do solo. (HUETE, 1988).

No índice SAVI os valores positivos indicam áreas com presença de alguma vegetação e os valores negativos representam áreas sem vegetação, nuvens e corpos d'água (ALVARENGA; MORAES, 2014).

Para facilitar na interpretação e visualização das imagens geradas de cada índice utilizou-se a equação 3, aplicadas nos trabalhos de Sartori et al. (2009) e Tavares et al. (2015).

$$DIF_{13-15} = \text{Índice}_{2013} - \text{Índice}_{2015} \quad (3)$$

Sendo o DIF_{13-15} : Corresponde aos mapas gerados pela diferença de um mesmo índice em anos diferentes, Índice_{2013} corresponde aos mapas gerados em Agosto de 2013 e Índice_{2015} refere-se aos mapas dos índices gerados em Agosto de 2015.

Resultados e Discussão

Percebe-se tanto no índice NDVI e SAVI dos dois períodos estudados, que os valores obtidos são positivos, isto porque a EECF Itatinga apresenta-se

com grande extensão florestal, podendo ser visualizada pelas áreas geométricas bem delimitadas de plantios de eucalipto (Figuras 2 e 3). Os valores reduzidos obtidos para o índice NDVI relacionam-se com áreas de menor cobertura vegetal como, por exemplo, solo exposto, estradas, áreas pós-colheita e plantios em estágios iniciais.

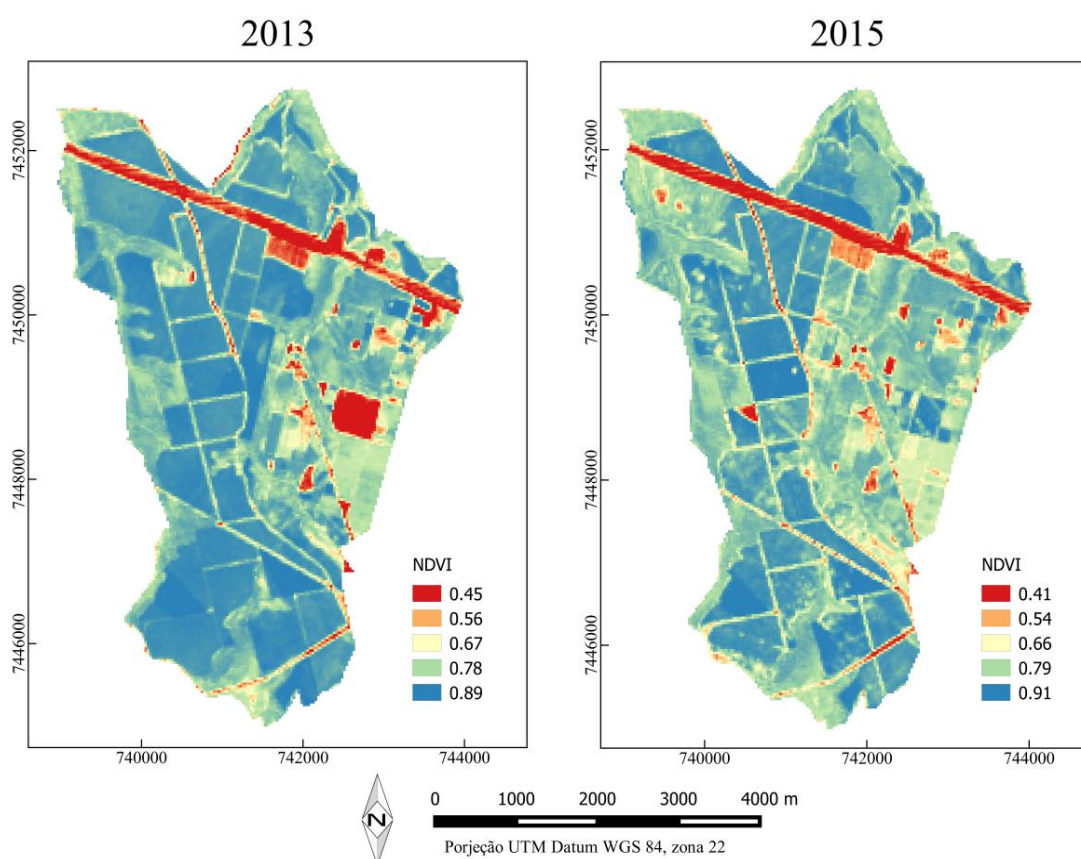


Figura 2: Mapa de uso do solo para o índice NDVI no ano de 2013 e 2015

Conforme citado por Sartori et al. (2009) locais com disponibilidade de água podem obter baixos valores de NDVI quando na presença de solo exposto e tipo de solo, como por exemplo, solos pedregosos e de textura arenosa.

Observa-se com o passar do tempo a mudança de um tom azul escuro para o claro, ou seja, ocorreu redução da cobertura florestal densa em ambos os índices (Figura 2 e 3). A rodovia e estradas de terra são classes que se diferenciam pelo tipo de material que as compõem, quando comparadas, pode-

se perceber que a estrada de terra possui valores mais altos justamente porque elas possuem maior influência da sombra dos plantios e esporádicas coberturas vegetais.

Os valores obtidos de NDVI, como podem ser observados na Figura 2, variam de 0,45 a 0,89 em 2013 e de 0,41 a 0,91 em 2015. Tais dados validam a informação que ocorreu um aumento desprezível de 0,02 do adensamento ou vigor vegetal no período de 2013 a 2015. Porém uma análise visual permite inferir uma redução da cobertura vegetal, já que a imagem de 2015 apresenta uma vegetação rarefeita ou em incipiente desenvolvimento.

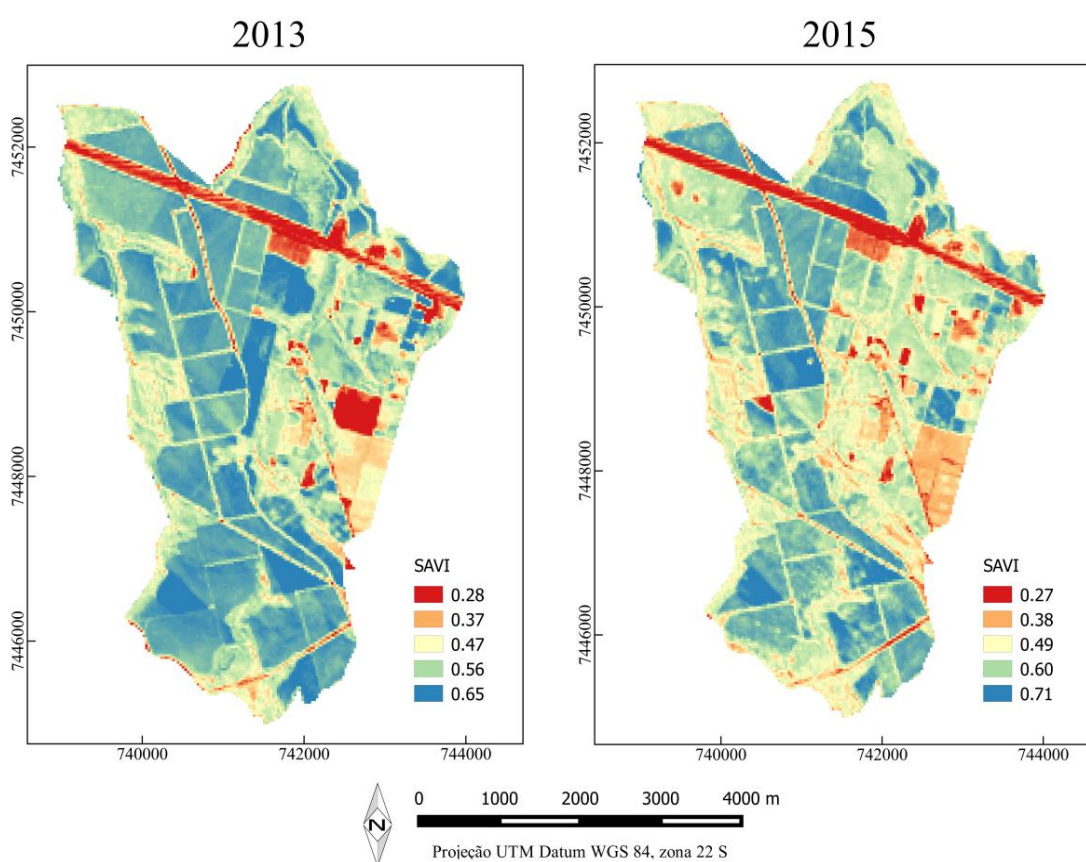


Figura 3: Mapa de uso do solo para o índice SAVI no ano de 2013 e 2015

Ao submeter essa área à análise através do SAVI prezou por realizar um estudo com base nas características locais, assim realizou-se uma observação prévia feita através da foteointerpretação da imagem em cor verdadeira (R4G3B2) em fusão com a banda 8 (pancromática), que possui

resolução espacial de 15 metros. Onde a imagem final permitiu concluir que para o local em questão seria necessário utilizar o fator de ajuste ($L=0,25$), que corresponde a áreas de menor interferência do solo.

O índice SAVI, como pode ser observado na Figura 3, apresente uma variação de 0,28 a 0,65 para o ano de 2013 e de 0,27 a 0,71 para o ano de 2015. Evidenciando um pequeno acréscimo de 0,06 da cobertura vegetal ao longo do horto entre os anos de 2013 para 2015. Onde os maiores valores correspondem às áreas de plantio de eucalipto.

Os avanços de valores nos dois índices podem ser justificados pelo desenvolvimento dos eucaliptos no período estudado, de forma que em 2015 seja identificado um maior adensamento e vigor vegetativo do plantio.

Ambos índices foram divididos em cinco classes em cada ano, a amplitude de variação do NDVI para o ano de 2013 foi de 0,49 e para 2015 de 0,50, já a amplitude do SAVI para o ano de 2013 foi de 0,37 e para o ano de 2015 de 0,44.

Levando em consideração os diferentes usos do solo no referido horto florestal, foram identificados 5 (cinco) pontos para cada uso à fim de comparar as médias dos índices. A Tabela 2 contém os valores obtidos com o citado procedimento:

Tabela 2: Média dos índices NDVI e SAVI conforme os usos do solo

Uso do solo	NDVI	SAVI
Eucalipto	0,88	0,64
Carreadores	0,68	0,48
Rodovia	0,46	0,29
Solo exposto	0,34	0,24
Vegetação ripária	0,81	0,49

Os valores obtidos para eucalipto e solo exposto se aproximam dos obtidos no trabalho de Santos et al. (2015) no período seco, visto que as imagens estudadas são do mês de agosto.

Já os baixos valores apresentados para rodovia e solo exposto ocorrem porque quanto maior a alteração no uso e ocupação do solo, como por

exemplo, pavimentação das ruas, menor a reflectância, e os valores próximos a 1 (um), representam uma densa vegetação, tal como pode ser observado para a vegetação ripária e o eucalipto (BORATTO, 2013).

Os valores elevados das estradas de terra ou carreadores, como citado anteriormente, se dão porque a resposta espectral das mesmas é influenciada pela sombra dos plantios e esporádicas cobertura vegetais.

Por meio da Figura 4 visualiza-se as modificações de uso do solo no ano de 2013 e 2015.

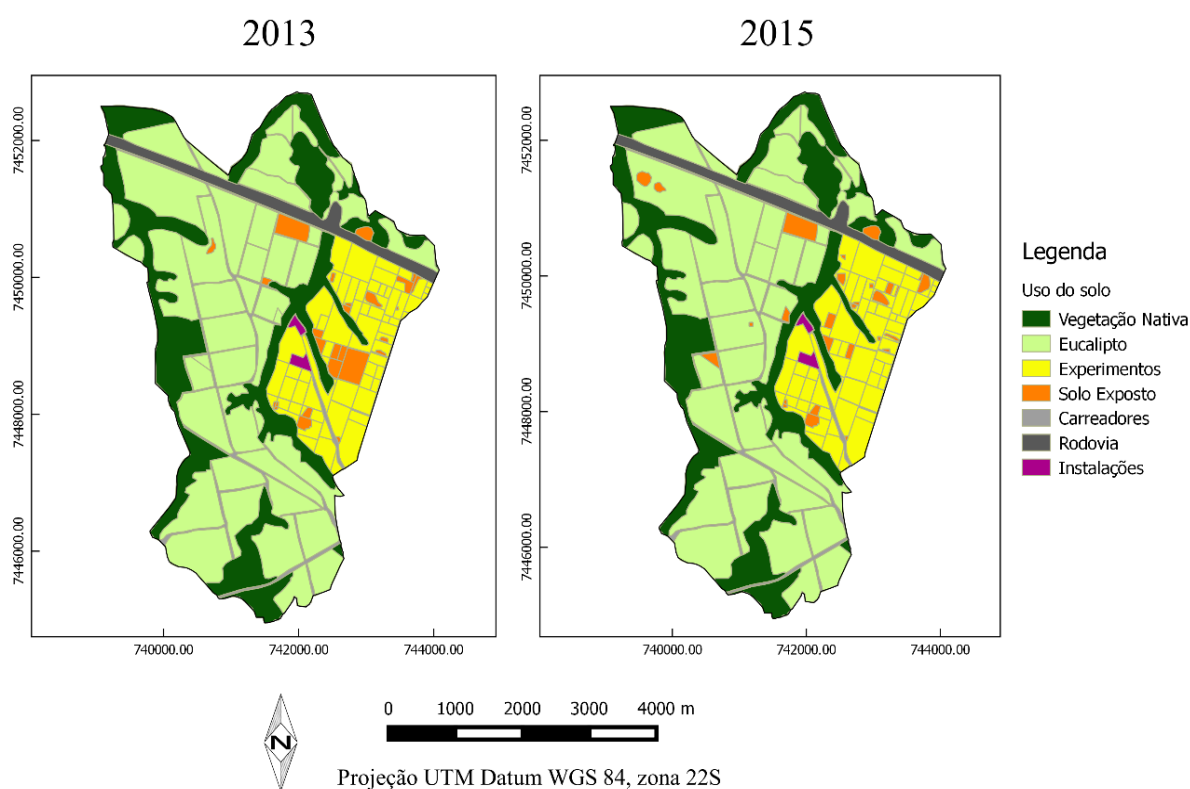


Figura 4: Mapa de classificação de uso do solo no ano de 2013 e 2015

A Tabela 3 contém o resultado do cálculo das áreas classificadas conforme a Figura 4, nela há valores aproximados da porcentagem de acréscimo ou decréscimo das áreas de uso do horto, com redução de 0,50% do plantio de eucalipto, aumento de 1,13 % na área experimental e redução de 0,55% de solo exposto. Os valores obtidos para os demais usos apresentam significados desprezíveis, pois há que se considerar uma pequena margem de erro no processo de classificação manual.

Tabela 3: Comparação das áreas conforme os usos do solo

Uso do solo	%	
	2013	2015
Nativa	25,25	25,18
Eucalipto	48,56	48,06
Experimentos	15,12	16,26
Solo exposto	2,96	2,41
Rodovia	3,73	3,72
Carreadores	4,01	4,00
Instalações	0,37	0,37

Pode-se entender o valor desprezível de perda de vegetação nativa, porque a área de estudo é um local com fins experimentais e que possibilita maior proteção das áreas de vegetação nativa. Portanto, evidencia-se manejo adequado dos recursos florestais, uma vez que houve a redução de área de solo exposto e relativa manutenção das áreas de silvicultura e vegetação nativa. Isso porque, conforme aponta Lima (1993), o manejo adequado causa a mínima alteração da paisagem e do funcionamento do ecossistema.

Ao buscar o apoio de outros métodos de análise, optou-se por realizar a subtração dos índices. O uso da operação matemática de subtração do índice em diferentes períodos auxilia na interpretação de modificações na imagem (SARTORI et al., 2009; TAVARES et al., 2015).

O resultado da subtração dos índices é apresentado na Figura 5, na qual se verifica que os valores apresentados na legenda variam de negativo a positivo. Os valores positivos representam áreas onde ocorreu o acréscimo da vegetação para o ano de 2015, já os valores negativos indicam o decréscimo vegetal. Nas áreas com NDVI e SAVI representadas por valores muito próximos ao zero não apresentaram alterações significativas em relação à cobertura vegetal.

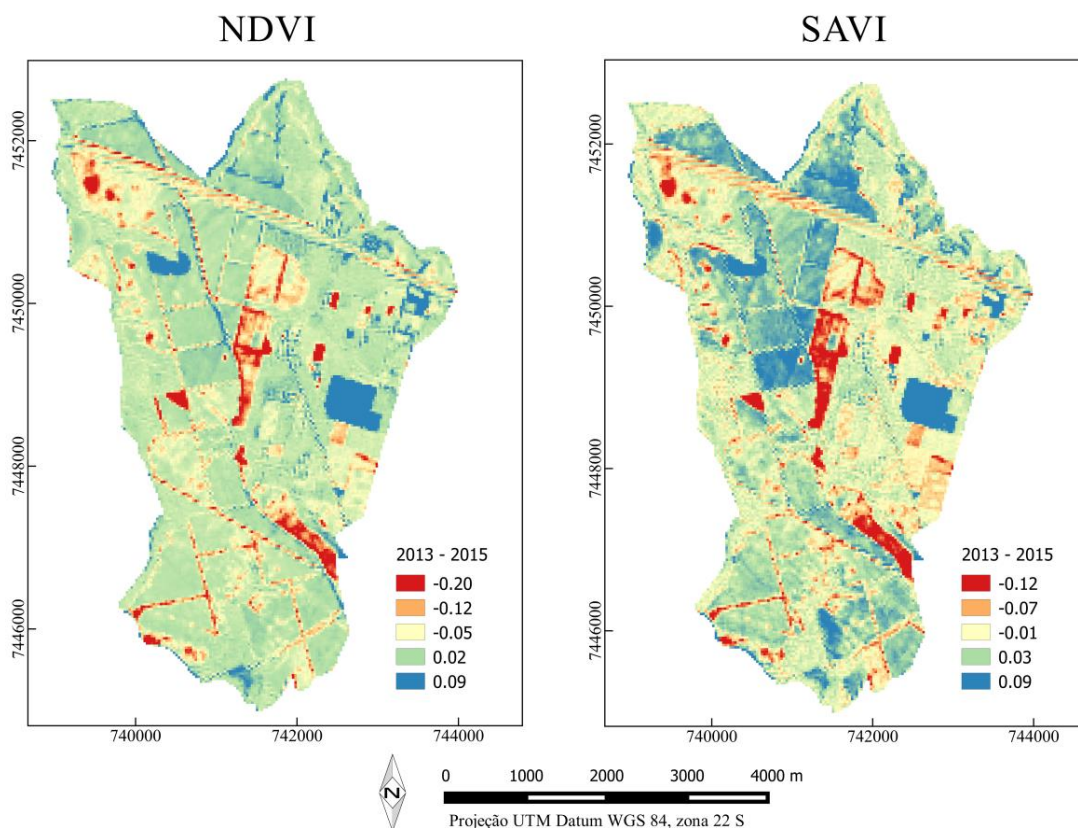


Figura 5: Mapa das diferenças de NDVI e SAVI para 2013 e 2015

Cabe ressaltar que em algumas áreas ocorreram alterações na reflectância, conseqüentemente, nos índices, em razão dos diferentes estágios de desenvolvimento da vegetação e das mudanças no uso do solo. Ao passo que este trabalho se paute em uma análise temporal pequena, com variação de 2 (dois) anos, é possível verificar alterações em relação ao estágio de desenvolvimento das áreas de plantio de eucalipto e também em relação ao uso do solo.

Na Figura 5 pode-se constatar que a diferença dos índices, do ano de 2013 e 2015, para ambos os índices, apresentou uma variação de -0,20 a 0,09 para o NDVI e de - 0,12 a 0,09 para o SAVI. Ao comparar a amplitude de variação entre NDVI e SAVI, obteve-se 0,29 e 0,21 respectivamente. Portanto, com a diferença observa-se que o NDVI é melhor, pois ele apresentou maior amplitude. Já que, de acordo com Xu (2007), “a maior amplitude do índice reflete um maior detalhamento das áreas vegetadas em contraste com o solo exposto e/ou impermeabilizados”.

Porém, como a área estudada apresenta elevado adensamento vegetal, torna-se desprezível o efeito do solo no resultado espectral final, e por isso, não há tanta necessidade do uso do fator L utilizado na equação do índice SAVI. Logo, o índice NDVI é suficiente para a representação da vegetação

Conclusões

Em um período relativamente curto (2 anos) é possível através do uso de imagens de satélite e cálculo dos índices de vegetação identificar um visível processo de perda da cobertura vegetal em alguns lugares pontuais do horto de Itatinga, bem como o acréscimo da densidade vegetal em outros.

Os índices estudados são ferramentas apropriadas no gerenciamento e monitoramento de florestas plantadas e nativas, uma vez que podem detectar alterações na cobertura vegetal com rapidez e baixo custo operacional. Tanto o NDVI quanto o SAVI apresentaram resultados aproximados da realidade, porém pelo alto adensamento vegetal do local de estudo, o uso do NDVI apresenta-se mais adequado. Isso porque sua aplicação foi a que melhor identificou a dinâmica vegetal, comum em áreas florestais.

Referências

ALVARENGA, A. S; MORAES, M. F. Processamento digital de imagens LANDSAT – 8 para obtenção dos índices de vegetação NDVI e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima – MG. In:

Revista MundoGeo, 77, jul./ago., 2014. Disponível em:

<<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>>. Acesso em: 20 dez. 2015.

BORATTO, I. M. P. Espacialização, quantificação e classificação das áreas verdes do município de Sete Lagoas, utilizando as ferramentas de modelagem (NDVI) e de técnicas matemáticas - estatística de componentes principais e a análise de agrupamento. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto

(SBSR), Foz do Iguaçu, PR, **Anais**, São José dos Campos: INPE. p. 6658-6664, 2013.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. (SBSR), Foz do Iguaçu-PR. **Anais**, São José dos Campos: INPE. p. 7345-7352, 2013.

BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. A.; GARCIA, P. H. M. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Folear (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria – MS. **Revista Percorso – Nemo**, v. 7, n.2, p. 05- 22, Maringá, 2015.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat – 5. **Revista Raíza**, v.21, p.234-271, 2011.

GAMA, F. F.; SANTOS, J. R.; MURA, J. C.; RENNÓ, C. D. Estimativas de parâmetros biofísicos de povoamento de eucalyptus através de dados SAR. **Ambiência**, v.2, p.29-42, 2006.

GOLTZ, E.; BRANDÃO, D.; TOMÁS, L.; MANTELLI, L. R.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor Modis na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal sulmatogrossense. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 59, p. 35-45, Abr., 2007.

Huete, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/220040775_Huete_A_R_A_soil-adjusted_vegetation_index_SAVI_Remote_Sensing_of_Environment> . Acesso em: 10 mai. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ª ed., São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LATORRE, M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F.; SHIMABUKURO, Y. E. Correção atmosférica: conceitos e fundamentos. **Espaço & Geografia**, v.5, n.1, p.153-178, 2002.

LIMA, W. P.; **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2ª ed., Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP): Edusp - SP, 1993, 302 p.

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. O.; CANDEIAS, A. L. B.; SOBRAL, M. C. Análise de índices de vegetação na bacia do Rio Brígida, Sertão do Estado de Pernambuco. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, p. 01 - 08, Jul., 2010.

MATIAS, J. F. G.; STRECK, L.; AGUILAR, D. D. Geração de mapas de produtividade de milho (Zeamays) com índice de vegetação NDVI de imagens Landsat 8. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa -PB. **Anais**, São José dos Campos: INPE. p. 157 – 162, 2015.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3ª ed., São Paulo: 2008.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B.; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n.9, p. 1209 - 1217, Set., 2012.

OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D.; SILVA, J. S.; SILVA, C. A.V.; SANTIAGO, M. M.; MENEZES, J. B.; SILVA, H. A.; PIMENTEL, R. M. M. Avaliação da

Cobertura Vegetal e do Albedo da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó com Imagens do Satélite Landsat 5. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais**, Natal: INPE, abril, p. 2865-2872, 2009.

OTAKE, M. Y. F. **Análise por sensoriamento remoto de áreas de açais em florestas de várzea no município de Mazagão (Amapá)**. 2015. 42 f. Dissertação (mestrado em Biodiversidade Tropical). Fundação Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2015.

POLONIO, V. D. **Índices de vegetação na mensuração do estoque de carbono em áreas com cana-de-açúcar**. 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Energia na Agricultura). Universidade Estadual paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2015.

PONZONI, F. J. e Y. E. SHIMABUKURO. 2007. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. 1ª ed. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2007.

RISSO, J.; RIZZI, R.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Potencialidade dos índices de vegetação EVI e NDVI dos produtos MODIS na separabilidade espectral de áreas de soja. In: XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto (SBSR), Natal – RN. **Anais**, São José dos Campos: INPE. p. 379 – 386, Abr., 2009

SANTOS, J. É. O.; NICOLETE, D. A. P.; FILGUEIRAS, R.; LEDA, V. C.; ZIMBACK, C. R. L. Imagens do Landsat-8 no mapeamento de superfícies em área irrigada. Irriga, Botucatu, Edição Especial, **Irriga & Inovagri**, v.1, n.2, p. 30-36, 2015.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, R. F. B.; PIANUCCI, M. N.; ZIMBACK, C. R. L. Influência do período de estiagem no Índice de Vegetação (NDVI), no município de Botucatu-SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14.

(SBSR), Natal – RN. **Anais**, São José dos Campos: INPE. p. 4363 – 4369, Abr., 2009.

SARTORI, M. S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V. L. Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucaliptussaligna* Smith localizado no estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 86-103, Dez. 2002.

TAVARES, T. R.; FIORIO, P. R.; MARTELLO, M.; STRABELI, T. F.; Barros, P. P.S. Observação do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP. **Revista Hipótese**, Itapetininga, v. 1, n. 2, p. 77-91, 2015.

Xu, H. Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic oriented Index Combination Technique. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 12, p. 1381–1391, dez. 2007.