

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MONITORAMENTO DE PLANTIOS DE EUCALIPTO

VILSON MARQUES DA SILVA¹, MARCOS A. DA SILVA², OSVALDO J. DE OLIVEIRA³, ROBERTO NUNES V. SOUTO⁴, JHOLIAN MAICON RIBEIRO SANTOS⁵.

¹ Estudante Bacharelado em Agronomia, IFMT-Campus São Vicente / Centro de Referência de Campo Verde-MT (CRCV-MT), Av. Isidoro Luiz Gentilin nº 585, Loteamento Belvedere, Bairro Vale do Sol, CEP 78.840-000, Campo Verde-MT, Fone (65) 9929.7125/(65) 3341-2170, Caixa Postal 252. vilson.marques@gmail.com

² Prof. Mestre, IFMT, Campus São Vicente, CRCV-MT.

³ Prof. Doutor, IFMT, Campus São Vicente, CRCV-MT.

⁴ Prof. Mestre, IFMT, Campus Cuiabá-MT.

⁵ Estudante Bacharelado em Agronomia, IFMT, Campus São Vicente / CRCV-MT.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 – Maceió – AL.

RESUMO: Devido ao elevado crescimento de áreas de floresta plantada no Brasil, destacando-se o plantio de eucalipto, considerado uma cultura resistente, adaptando-se as variações climáticas e sendo utilizado como matéria prima na produção de diversas mercadorias. Este trabalho tem o propósito de utilizar técnicas de geoprocessamento para monitorar as áreas de floresta plantada de eucalipto na região de Campo Verde-MT. A metodologia empregada se baseia na utilização de técnicas de processamento digital de imagens de satélite (landsat e resourcesat 1) acopladas com amostragens de campo. Foram realizadas várias sequências (RGB) de composições coloridas para definir a melhor sequência na identificação do eucalipto, bem como acompanhamento espaço-temporal no período de 2006 a 2016 (intervalo de 5 em 5 anos) para definir o período de plantio e corte. Os resultados demonstraram eficiência na identificação e diferenciação dos alvos estudados, evidenciando as sequências (RGB) para resourcesat 1 (B3,B4,B5); landsat 5 (B5,B4,B3) e (B4,B5,B7); e o landsat 8 ((B4,B5,B7) e (B6,B7,B8). Através da análise temporal foram identificados os períodos de plantio e corte da cultura de eucalipto e com relação a sazonalidade climática destacou-se o período da estação seca, pois nesse período não existe lavoura plantada e o cerrado perde suas folhas.

Palavras chave: Geoprocessamento, Plantio de Eucalipto, Análise Temporal.

TECHNIQUES FOR USE GEOPROCESSING MONITORING EUCALYPTUS PLANTATIONS

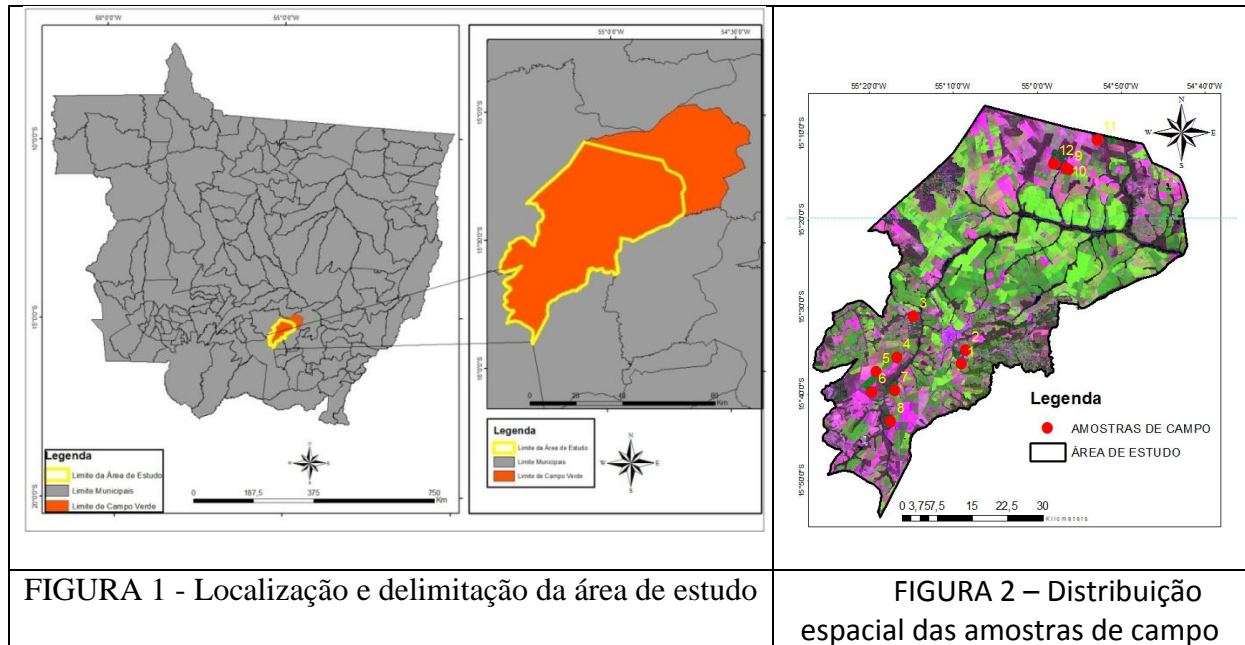
ABSTRACT: Due to the high growth of areas of planted forest in Brazil, highlighting the eucalyptus plantation, considered a resistant crop, adapting to climatic variations and being used as raw material in the production of various commodities. This work intends to use geoprocessing techniques to monitor the areas of Eucalypt planted forest in the Campo Verde-MT region. The methodology used is based on the use of digital image processing techniques (landsat and resourcesat 1) coupled with field samplings. Several sequences (RGB) of

colorful compositions were used to define the best sequence in eucalyptus identification, as well as spatial-temporal follow-up from 2006 to 2016 (interval of 5 years) to define the planting and cutting period. The results demonstrated efficiency in the identification and differentiation of the studied targets, evidencing the sequences (RGB) for resourcesat 1 (B3, B4, B5); Landsat 5 (B5, B4, B3) and (B4, B5, B7); And the landsat 8 ((B4, B5, B7) and (B6, B7, B8).) Through the temporal analysis, the planting and cutting periods of the eucalyptus crop were identified and in relation to the climatic seasonality, Dry, because in this period there is no planted crop and the cerrado loses its leaves.

Key words: Geoprocessing, Eucalyptus Plantation, Temporal Analysis.

INTRODUÇÃO: Devido ao grande crescimento de áreas de floresta plantada no Brasil, sendo o plantio de eucalipto considerado uma cultura resistente adaptando-se as variações climáticas, na qual é utilizado como matéria prima para atender na produção de diversas mercadorias. Segundo dados obtidos pela Associação Brasileiras de Produtores de Floresta Plantada - ABRAF (anúário estatístico) ano base 2012, o eucalipto representa 76,6% do total de floresta plantada no país, sendo utilizado de várias maneiras, como por exemplo, extração de óleos, essenciais para industrialização de remédios e perfumaria. Até pouco tempo atrás, a necessidade de madeira era suprida quase que exclusivamente por meio das florestas nativas, cuja destruição tem provocado, muitas vezes, danos irreversíveis ao ecossistema. Portanto, o plantio de eucalipto é sem dúvida uma solução para diminuir a pressão sobre as florestas nativas. Sendo assim, o uso de técnicas de Sensoriamento Remoto se torna sem dúvida, uma ferramenta importante para auxiliar no monitoramento das áreas de florestas, seja nativa ou plantada. A utilização desta técnica integrada com técnicas de geoprocessamento tem levado ao desenvolvimento de trabalhos que contribuem no monitoramento e planejamento dos alvos da superfície terrestre. Conforme CURRAN (1985), o sensoriamento remoto aumentou a capacidade do homem em coletar informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, sendo colocado como mais uma ferramenta complementar para facilitar trabalhos temáticos e de levantamentos. Desta forma, o monitoramento dos objetos na superfície terrestre depende das características físicas, químicas e sua interação com a radiação eletromagnética no ambiente que se encontram. De acordo com FORMAGGIO et al. (1989), a interação de plantas e culturas com a radiação eletromagnética é descrita basicamente pelo estudo das propriedades da folha, já que toda a arquitetura da folha está adaptada para uma melhor captação dos raios solares, do ar e da água. Conforme WALKER E HOMMA (1996), a extração da informação espectral dos alvos contida nas imagens e o entendimento destas relações espectrais permitem a identificação de padrões comportamentais da interação do objeto com a energia eletromagnética. O estágio de maturação é um dos fatores que determinam as respostas espectrais das folhas, assim como o tipo de folha e média diária de exposição ao sol (BUNNIK, 1978). Segundo PONZONI (2007), na região do visível, os pigmentos existentes na folha dominam a reflectância, sendo a energia absorvida seletivamente pela clorofila, enquanto que na faixa do infravermelho próximo, ocorre baixa absorção da radiação e considerável espalhamento interno da radiação na folha. Em geral, quanto mais lacunosa for a estrutura interna foliar, maior será o espalhamento interno da radiação incidente, e conseqüentemente, maiores serão também os valores dos fatores de reflectância. Assim, compreender o comportamento dos alvos é essencial, pois permite monitorar, identificar e gerar mapeamentos mais confiáveis. Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo utilizar técnicas de geoprocessamento para monitorar as áreas de floresta plantada de eucalipto na região de Campo Verde-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS: A área de estudo está localizada no estado de Mato Grosso em parte do limite do município de Campo Verde.-MT, entre as coordenadas UTM de (656.196,663 - 8.241.913,671 M) e (753.193,510 8.327.342,087 M), Fuso 21 (Figura 1). Foi utilizado um receptor GPS para coletar as coordenadas das propriedades com plantio de eucalipto, sendo obtidos 12 pontos amostrais, a figura 2 demonstra a distribuição espacial dos pontos coletados.



Foram adquiridas imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita/ponto: 226/071 do período de 1984 a 2011 (Bandas 1 a 5 e 7), satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita/ponto: 226/071 do período de 2015 a 2016 (Bandas 1 a 7 e 9) e do satélite Resourcesat 1, sensor LISS 3, órbita/ponto: 321/088 do ano de 2012 (Bandas 2 a 5), esses dados foram obtidos de forma gratuita através do site do instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE), no seu site <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>.

Na etapa de correção geométrica, utilizou-se como base de referência a imagem do satélite Landsat 8 do ano de 2016, pois as mesmas já são obtidas com correção geométrica. Conforme DUARTE et al (2015), a correção geométrica deste satélite já é realizada pela USGS/NASA, não sendo mais necessário realizar o processo de georreferenciamento dessas imagens, diferentemente do que acontece com as imagens geradas pelos satélites mais antigos da série. Desta forma, para correção geométrica das imagens do satélite landsat 5 e Resourcesat 1 foram usados 7 pontos de controle, com uma boa distribuição espacial entre os mesmos e para re-amostragem dos pixels utilizou-se algoritmo de Vizinho mais próximo (“*Nearest Neighborhood*”) com um polinômio de 1º grau. Segundo CAMARA et al (1996), o usuário deve observar o valor apresentado como Erro dos Pontos de Controle, pois deverá usar este valor para controle da precisão desejada, em área urbana, pode-se considerar um erro de 0.5 "pixel", enquanto para áreas de florestas, pode-se aceitar um erro de até 3 "pixels", pela dificuldade de se conseguirem pontos de controle. Neste sentido para este trabalho adotou-se uma precisão de menor que 0,5 pixel, devido também visar análise temporal.

No processo da interpretação visual das imagens de satélite e da análise temporal, primeiramente realizou-se composições coloridas das bandas espectrais, com o propósito de avaliar visualmente o comportamento espectral do alvo nas diversas composições das

imagens de satélites, tanto das composições naturais (faixa do visível), como também composições de falsa cor (faixa do infravermelho ou a mistura entre visível e infravermelho). A extração de informações em imagens digitais pode ser realizada através de técnicas de realce e classificação, mas também pode ser feita por um analista humano que interpreta as cores, padrões, formas, etc, a partir de uma inspeção visual de imagem (NOVO, 2010). É de fundamental importância o conhecimento do usuário sobre objeto pesquisado, como por exemplo, seu comportamento, sua fenologia, estrutura. No caso do eucalipto, sua textura, espaçamento de plantio, porte da planta, no caso de solo e rocha sua composição mineralógica. De acordo com NOVO (2010) a análise visual pode ser definida como ato de examinar uma imagem com o propósito de identificar objetos e estabelecer julgamentos sobre suas propriedades. Neste sentido através das amostragens de campo foi realizada uma análise e interpretação visual do objeto pesquisado e seu entorno, visando conhecer suas características nas diversas composições coloridas dos diferentes satélites. Também foi avaliado o comportamento do plantio do eucalipto e dos alvos ao seu entorno no que tange a questão climática, como nossa região tem duas estações bem definidas, adotou-se avaliar o período da estação seca e da estação chuvosa. Após definido a melhor composição colorida para identificação do eucalipto e diferenciação com seu entorno, utilizou-se desta para fazer a análise temporal, após de identificado o início do plantio, foi definido um período de 10 anos, partindo do ano de 2006 (início do plantio) até o ano de 2016 à realizar a análise.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: No processo de correção geométrica foram utilizados sete pontos de controle (Figura 3). Sendo utilizado um polinômio de primeiro grau, a figura 4 apresenta o erro médio obtido no processo de georreferenciamento das imagens dos satélites, do início do plantio e as que ocorreram modificações. Visualiza-se que quatro das imagens obtiveram um erro médio abaixo de meio pixel, ou seja, 15 m para o Landsat 5, uma imagem do Landsat 5 abaixo de 16 m e a imagem do resourcesat 1 com erro abaixo de 14 metros, em geral apresentou uma acurácia satisfatória de acordo com CÂMARA (1996).

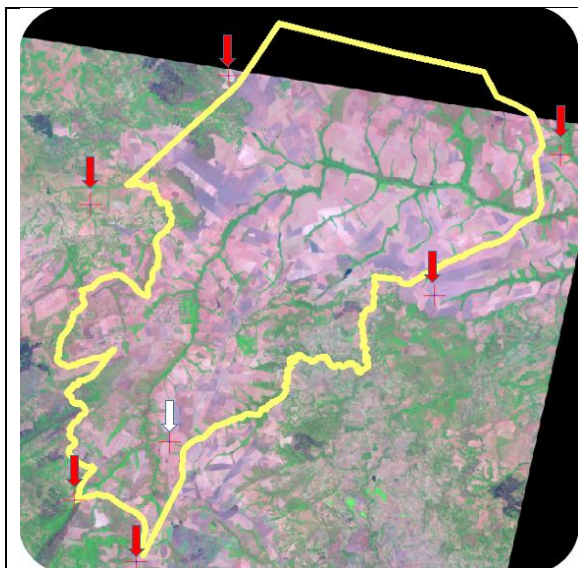


FIGURA 3 – Distribuição espacial dos pontos de controle

| Item | Satélite | Orbita e pontos | Data das imagens | Erro médio |
|------|---------------|-----------------|------------------|------------|
| 1 | LANDSAT 5 | 226/071 | 15/09/2006 | 12,17 |
| 2 | LANDSAT 5 | 226/071 | 18/09/2007 | 7,99 |
| 3 | LANDSAT 5 | 226/071 | 04/09/2008 | 13,81 |
| 4 | LANDSAT 5 | 226/071 | 07/09/2009 | 15,92 |
| 5 | LANDSAT 5 | 226/071 | 09/06/2011 | 7,83 |
| 6 | RESOURCESAT 1 | 321/088 | 07/05/2012 | 13,96 |

FIGURA 4 - Erro da correção geométrica das imagens de satélite

Com o propósito de avaliar visualmente o comportamento espectral do plantio do eucalipto e seu entorno foram realizadas composições coloridas das imagens dos satélites. A figura 05 apresenta composições coloridas das bandas do satélite Resourcesat-1, utilizou-se as

4 bandas espectrais (verde, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio), devido a limitação da resolução espectral deste sensor foi elaborada apenas composições falsa cor (bandas 2,3,4 e bandas 3,4,5) para a análise. Verificou-se que dentre as composições apresentadas, para diferenciação entre eucalipto, vegetação natural, solo exposto e culturas agrícolas, a composição que demonstra mais evidência é a sequência B3 (R), B4 (G) e B5 (B), que representa uma composição falsa cor, a imagem fica próximo do visual do campo, facilitando o trabalho do analista na identificação dos alvos. Nesta composição podemos identificar que a coloração entre o plantio de eucalipto e a floresta natural são visualizadas em tons de verde, mas os elementos de interpretação forma e textura permite diferencia-los, ou seja, a forma do plantio é simétrico e da floresta natural é irregular.

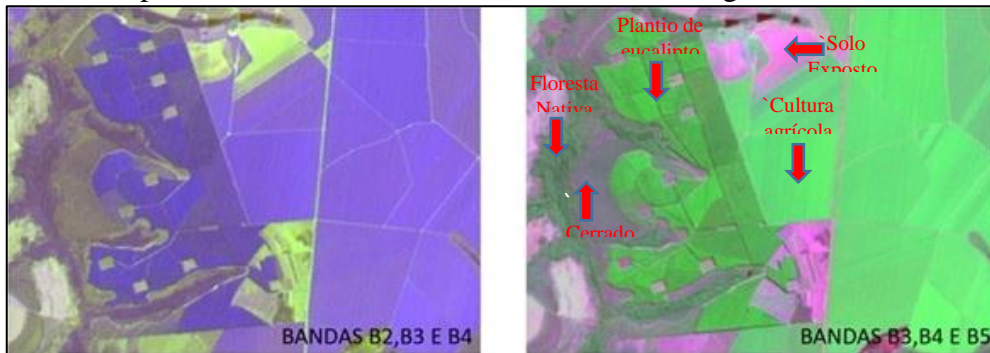


FIGURA 5 - Composições coloridas das bandas do Satélite Resourcesat 1, Sensor LISS 3, órbita/ponto: 321/088, data de 07/05/2012.

Visualiza na figura 06 as composições das bandas do Landsat 5, foram usadas 6 bandas espectrais (Azul, Verde, Vermelho, Infravermelho próximo e duas bandas do infravermelho médio), sendo elaboradas composições naturais (bandas 1, 2,3), como também composições de falsa cor (bandas 2,3,4; bandas 3,4,5; bandas 5,4,3 e 4,5 e 7) aplicando a sequência R,G, B nesta ordem. Averiguou-se que dentre as composições, destacaram-se as sequências B5 (R), B4 (G), B3 (B) e a B4 (R), B5 (G), B7 (B), ambas as composições falsa cor, demonstrando boa capacidade para identificação e diferenciação do plantio de eucalipto e seu entorno. Na sequência B5 (R), B4 (G), B3 (B) verifica-se que o plantio de eucalipto e a floresta natural em tons do verde, mais escuro que as culturas agrícolas, sendo os elementos forma e textura, determinantes para sua identificação e diferenciação. Enquanto que a sequência B4 (R), B5 (G), B7 (B) as áreas de plantio de eucalipto são visualizadas em tons de marron, mais escuro que as culturas agrícolas e mais claro que a floresta plantada, neste caso os tons de marron identificado para o plantio de eucalipto, permite boa diferenciação entre os alvos do seu entorno. Fica nítido que essa composição utilizando a banda do infravermelho próximo (0,76 à 0,90 μm) com as duas bandas do infravermelho médio (1,55 à 1,75 μm e 2,08 à 2,35 μm) apresenta boa significância para identificação do plantio de eucalipto no processo de interpretação visual de imagens de satélite. De acordo com NOVO (2010) o comportamento espectral da vegetação na faixa de infravermelho próximo (0,7 à 1,3 μm) é dominada pela alta reflectância da vegetação, devido à interferência da estrutura celular (estrutura do mesófilo), enquanto que na faixa do infravermelho médio (1,3 à 2,5 μm), a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo da água das folhas, nesta região encontra-se dois máximos de absorção pela água (1,4 μm e 1,95 μm), salientando que o impacto das alterações fenológicas e morfológicas sofridas pelas plantas que formam o dossel sobre o comportamento espectral varia conforme a região do espectro, com o tipo de cultura e com ângulo de visada. Ressalta-se que nesta composição (data de 09/06/2011) o plantio de eucalipto encontra-se com 5 anos (início de plantio 2006), ou seja, o porte do seu dossel está bem elevado, permitindo assim uma boa identificação e diferenciação com os alvos do seu entorno.

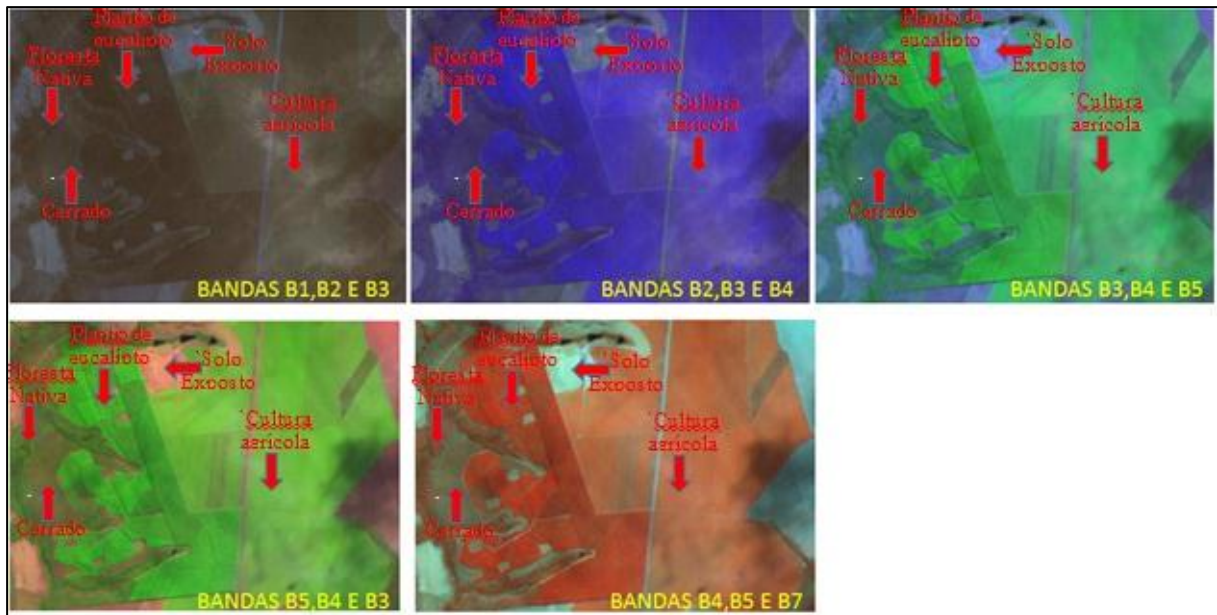


FIGURA 6 - Composições coloridas das bandas do Satélite Landsat 5, Sensor TM, órbita/ponto: 226/071, data de 09/06/2011.

Por último foram utilizadas oito bandas espectrais do satélite LANDSAT 8 (ultra azul, Azul, Verde, Vermelho, Infravermelho próximo e três bandas do infravermelho médio), sendo elaboradas composições naturais (bandas 1, 2,3 e 2,3,4), como também composições de falsa cor (bandas 3,4,5; bandas 4,5,6; bandas 5,6,7 e 6,7 e 9) aplicando a sequência R,G, B nesta ordem. Analisando visualmente a figura 7, verificou-se que as sequências B4 (R), B5 (G), B6 (B) e a B5 (R), B6 (G), B7 (B), ambas as composições de falsa cor, apresentou maior capacidade para identificação e diferenciação do plantio de eucalipto e seu entorno. Na composição B4 (R), B5 (G), B6 (B) visualiza-se o plantio de eucalipto e a floresta natural em tons do verde, mais escuro que as culturas agrícolas, sendo os elementos forma e textura, significativos para sua identificação e diferenciação quando comparado à floresta nativa. Enquanto que a sequência B5 (R), B6 (G), B7 (B) as áreas de plantio de eucalipto são visualizadas em tons de marron, mais escuro que as culturas agrícolas e mais claro que a floresta nativa, neste caso os tons de marron identificado para o plantio de eucalipto, permite identificar e diferencia-lo dos alvos no seu entorno, ressaltando apenas para os plantios de eucalipto mais velhos, que se misturam com a área de floresta nativa, sendo também determinante o uso do elemento forma e textura para diferencia-los.

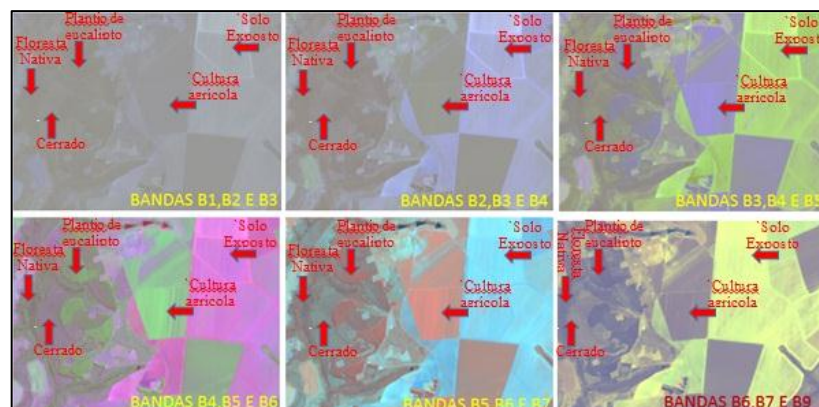


FIGURA 7 - Composições coloridas das bandas do Satélite Landsat 8, Sensor OLI, órbita/ponto: 226/071, data de 19/04/2016.

É visível que essa composição utilizando a banda do infravermelho próximo (0,85 à 0,88 μm) com as duas bandas do infravermelho médio (1,57 à 1,65 μm e 2,11 à 2,29 μm) é fundamental para identificação do plantio de eucalipto no processo de interpretação visual de imagens de satélite. A figura 8 apresenta os pontos coletados em campo das fazendas com plantio de eucalipto, verificando-se em destaque as áreas de eucalipto em tons marrons com a forma e textura bem definidos, nesta composição (data de 19/04/2016) as mesmas estão com 10 anos de plantio, ou seja, o porte do seu dossel bem elevado, segundo MONTE (2007), a quantidade da radiação interceptada pela floresta é determinada por características da copa.

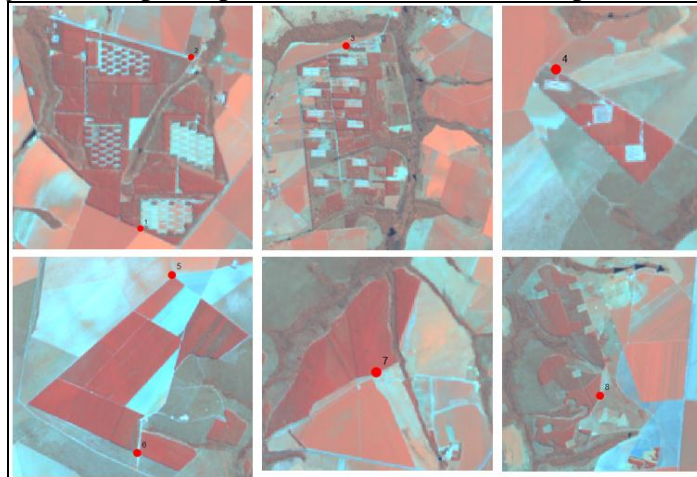


FIGURA 8 - Composições coloridas das bandas do Satélite Landsat 8, Sensor OLI, órbita/ponto: 226/071, data de 19/04/2016 com pontos amostrais de campo.

A Figura 9 apresenta composições de imagens do satélite landsat 8 do período seco (07/08/2015) e chuvoso (19/04/2016) das bandas que apresentaram significância na identificação e diferenciação do plantio de eucalipto. Foi realizada análise temporal em 01 das áreas amostradas, visualizam-se pequenas variações na tonalidade do mesmo, porém quando comparando com os outros alvos do entorno, constata-se que o melhor período foi a estação seca, ou seja, neste período em ambas as composições, os alvos do entorno se diferenciam bem, como exemplo as culturas agrícolas ainda não estão implantadas, o cerrado perde suas folhas e não se confunde com as áreas de plantio de eucalipto, que neste momento se apresentam nas imagens em tons de verde escuro e cor marrom escuro, respectivamente, confundido apenas com a floresta nativa, mas a forma e a textura do seu plantio permite diferencia-los, desta forma, tanto é possível identifica-lo como diferencia-lo dos demais alvos que estão na cobertura do solo neste momento.

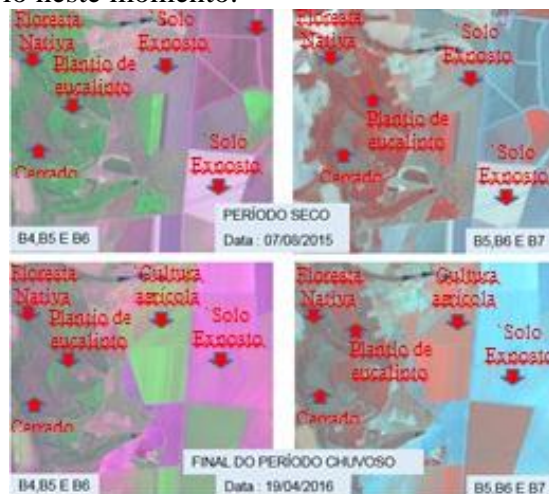


FIGURA 9 – Análise do comportamento dos alvos no período da estação seca e chuvosa.

Para realização da análise temporal foram utilizadas as imagens dos satélites Landsat 5 (2006 a 2011), Resourcesat 1 (2012 e 2013) e Landsat 8 (2014, 2015 e 2016). Efetuou-se análise temporal no período de 10 anos em 01 das áreas amostradas, usando a composição colorida das faixas do vermelho, infravermelho próximo e médio que também apresentou significância nas análises das bandas. A figura 10 (área plantada) e figura 11 (imagens de satélites dos anos) apresentam os dados dos anos que ocorreram modificações nos limites do plantio do eucalipto, sendo destacado o início do plantio o ano de 2006 (cultura ainda em estágio inicial), em seguida observa-se crescimento na área de plantio, considerado significativo até 2011 e em 2012 ocorre a diminuição da área plantada de eucalipto (1º corte). As imagens demonstram que houve um aumento até 2011 e a partir 2012 inicia uma redução da área plantada, em função do manejo de corte das áreas, ou seja, indicando o manejo em aproximadamente seis anos desde o plantio ao corte.

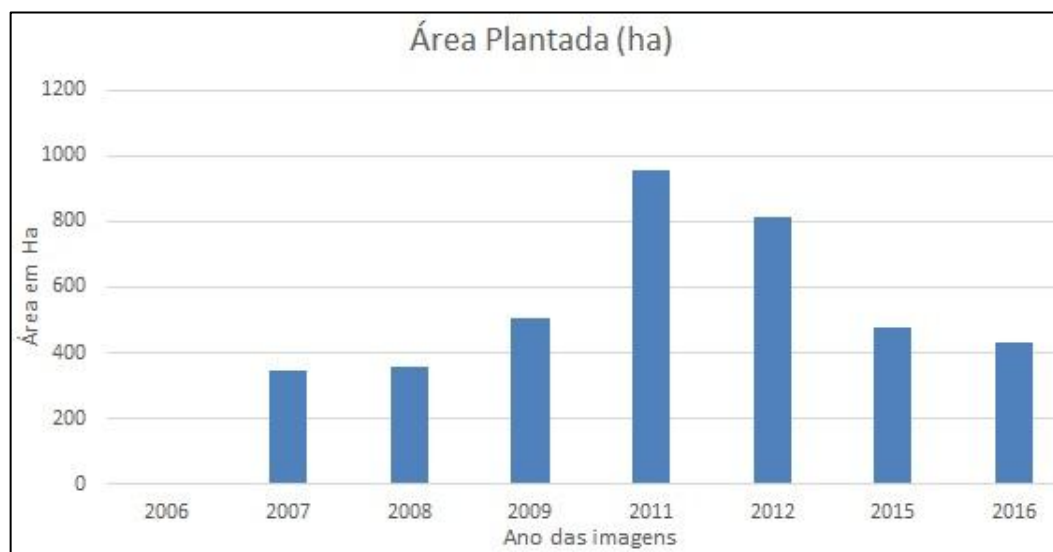


FIGURA 10 – Área plantada do plantio de eucalipto.

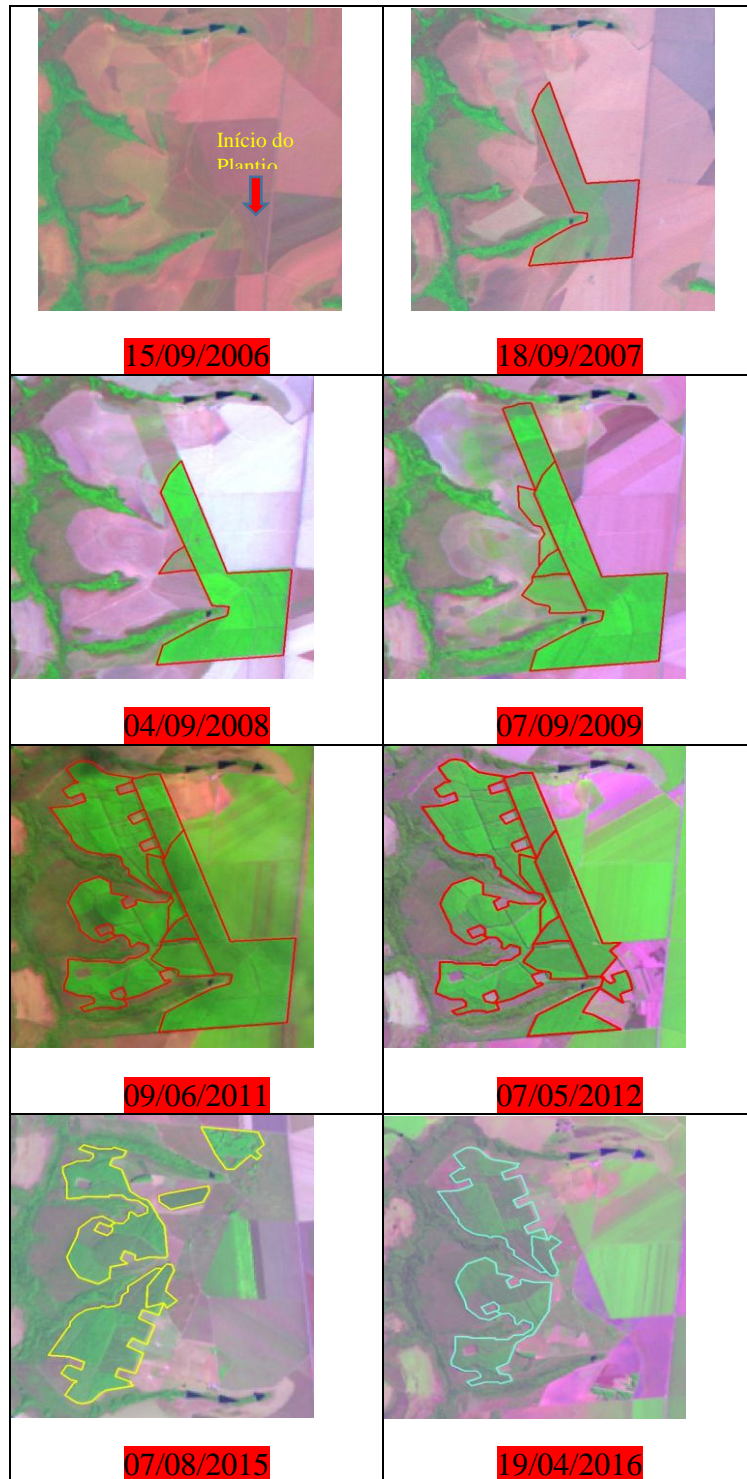


FIGURA 11 - Análise temporal do plantio de eucalipto.

CONCLUSÃO: Com base no trabalho realizado, pode-se concluir que as técnicas aplicadas permitiram identificar, como também realizar a diferenciação do plantio do eucalipto com os alvos no entorno. A técnica de correção geométrica das imagens obteve-se resultados satisfatório nesse processo, isso também ocorre pela utilização das imagens do landsat 8 que atualmente já são obtidas corrigidas. A avaliação entre as bandas diagnosticou as sequências B4 (R), B5 (G), B6 (B) e a B5 (R), B6 (G), B7 (B), ambas as composições de falsa cor, apresentando maior capacidade para identificação e diferenciação do plantio de eucalipto e seu entorno, salientando a composição B5 (R), B6 (G), B7 (banda do infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho médio) do landsat 8, tornando-se uma composição fundamental na identificação do plantio de eucalipto, em função de diferenciação com a floresta nativa. No quesito climático evidenciou que as imagens da estação seca permitiram diferenciar bem os alvos pelo fato de não existir lavoura plantada neste momento, como também o cerrado que neste momento passam por modificações fisiológicas. Assim, o objetivo deste trabalho foi alcançado na identificação do plantio ao corte do eucalipto através da análise temporal utilizando imagens dos anos de 2006, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012, 2015 e 2016 de uma microrregião, onde identificou diferentes estágios de desenvolvimento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF (Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada). **Anuário Estatístico ABRAF 2013 Ano base 2012/ABRAF**, Brasília.:2013. 148p.; il. Color; 21cm, ISSN: 1980-8550.

BUNNIK, N.J.J. **The multispectral reflectance of shortwave radiation by agricultural crops in relation with their morphological and optical properties**. Wageningen: Agricultural University Wageningen, 1978. 175p.

CÂMARA, G.; SOUZA, RCM.; FREITAS, UM.;GARRIDO, J. **Computers & Graphics. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CURRAN, P.J. **Principles of remote sensing**. London: Longman, p. 282, 1985.

DUARTE, G.S., *et al.* **O uso da geometria do Landsat 8 como base para georreferenciamento semiautomático visando estudos espaço-temporais**. João Pessoa-PB, 2015. Anais do XVII SBSR-INPE.

FORMAGGIO, A.R. *et al.* **Sensoriamento remoto na agricultura: conceitos básicos, metodologia e aplicações**. São José dos Campos: INPE, p. 217, 1989.

MONTE, M.A., *et al.* **Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de clone de eucalipto**. Universidade Federal de Viçosa, Dep. de Engenharia Florestal, Viçosa, MG,2007, 7p.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**, 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010, 326 p.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São Paulo: Parêntese, 2007.

WALKER, R. Homma, A. K. O. Land use and land cover dynamics in the brazilian amazon: an overview. **Ecological Economics**, v. 18, n. 1 , p. 67-80, 1996.