

Interpretação da dendeicultura em imagens de sensores orbitais: Microrregião de Tomé Açu, nordeste paraense

Interpreting oil palm farming in images from orbital sensors: microregion of Tomé Açu, northeast paraense

Interpretación de la dendeicultura en imágenes de sensores orbitales: microrregión de Tomé Açu, nordeste paraense.

Leonardo Sousa dos Santos
Universidade Federal do Pará
leonardodrgeo@gmail.com

João Santos Nahum
Universidade Federal do Pará
prof.joanahum@gmail.com

Cleison Bastos dos Santos
Universidade Federal do Pará
cleisongeo@gmail.com

Resumo

As técnicas de extrações de informações de alvos terrestres de sensores remotos orbitais têm-se demonstrado excelentes e oportunos instrumentos de coletas dados e informações confiáveis de agriculturas, principalmente em razão do aumento dessas regiões, que ocupam largas fatias do planeta. Focou-se na dimensão do visível e do comportamento espectral da cultura comercial da palma africana Microrregião de Tomé Açu (MRGTA), tendo como objetivo identificar os talhões dos dendezais. Reuniu-se dados dos satélites Landsat – 5 e 8 dos anos de 1988, 1995, 2004, 2010 e 2017. As imagens foram interpretadas através dos elementos de localização geográfica, tamanho, padrão, forma, textura, cor, tonalidade, sombra e valores de reflectância de superfície terrestre. Fez-se classificação supervisionada para extração da máscara das áreas de cultivos de dendê na MRGTA. A cultura do dendê apresenta elementos particulares que facilitam o reconhecimento de feições entre os diferentes alvos presente na MRGTA. A partir do comportamento espectral da palma africana, em cada banda do sensor orbital, tem-se acesso às informações que descrevem essa em cultura agrícola comercial. Com a máscara dos dendezais MRGTA de 2017, identificou-se o território do dendê, sua distribuição espacial e dinâmica de ocupação. Por fim, esclarece-se que a identificação dos dendezais por meio de sensores orbitais não exclui o trabalho de campo, sendo também adequado a comparação dos talhões reconhecidos nas imagens orbitais com informações cadastrais, estatísticas e estimadas do IBGE sobre a cultura de palma. Este trabalho representa avanços no processo delimitação real dos talhões de dendê, que é um dado quase que sigiloso.

Palavras chaves: sensoriamento remotos, alvos terrestres, agricultura comercial, palma africana.

Abstract

Techniques to extract information from land targets from remote orbital sensors have proven to be excellent and convenient instruments to collect reliable agricultural data and information, particularly in view of the expansion of such regions into large portions of the planet. This study

focused on the visible and spectral behavior dimensions of commercial culture of African oil palm in the microregion of Tomé Açu (MRGTA) aiming to identify plots with this crop. Data was gathered from satellites Landsat 5 and 8 from 1988, 1995, 2004, 2010, and 2017. The images were interpreted using geographic location elements, size, pattern, shape, texture, color, hue, shadow, and land surface reflectance values. Supervised classification was performed to extract the mask of oil palm crop areas in the MRGTA. Oil palm culture has particular elements that facilitate recognizing features among the different targets in the MRGTA. The spectral behavior of African oil palm in each band of the orbital sensor provides access to the information that describes this behavior crop. The 2017 mask of oil palm plots in the MRGTA enabled identifying the territory occupied by oil palm, its spatial distribution, and occupation dynamics. Finally, it should be pointed out that identifying oil palm plots using orbital sensors does not eliminate field work and that it is appropriate to compare the plots found in orbital images with registry information, statistics, and estimates by the IBGE on oil palm culture. Thus study represents an advance in the process of delimiting the actual dimensions of oil palm plots, which is otherwise nearly secret information.

Keywords: remote sensing, land targets, commercial agriculture, African oil palm.

Resumen

Las técnicas de información adicional de puntos terrestres de sensores remotos orbitales, fueron demostradas excelentes y oportunas herramientas de coletas de datos e informaciones confiables de agriculturas, principalmente debido al aumento de esas regiones, que ocupan las mayores partes del planeta. El enfoque del ámbito visual y del comportamiento espectral en la cultura comercial de la palma africana Microrregión de Tomé Açu (MRGTA), con el objetivo de identificar los terrenos de los dendezais. Se reunió datos de satélites Landsat: 5 y 8 de 1988, 1995, 2004, 2010 y 2017. Las imágenes fueron interpretadas a través de elementos de ubicación geográfica, tamaño, padrón, forma, textura, color, tonalidad, sombra y valores de reflexión de superficie terrestre. Se hizo clasificación para la supervisión de la extracción de máscara en las áreas de los cultivos de dendê en MRGTA. La cultura del dendê presenta elementos particulares que facilitan el reconocimiento de las relaciones entre los diferentes grupos presentes en MRGTA. A partir del comportamiento espectral de la palma africana, en cada parte del sensor orbital, es posible tener el acceso a la información que describe la cultura agrícola comercial. Con la máscara de los dendezais MRGTA de 2017, se identificó el territorio de dendê, su distribución espacial y dinámica de ocupación. Por lo que respecta a la identificación de los dendezais por parte de los sensores orbitales no excluye las funciones de trabajo en el campo, se recomienda una comparación de los terrenos reconocidos en las imágenes con datos más recientes, estadísticas y estimaciones de IBGE sobre la cultura de la palma. Este trabajo representa los avances en el proceso de delimitación de datos reales de los terrenos de dendê, que pueden ser datos casi que sigilosos.

Palabras claves: sensores remotos, puntos terrestres, agricultura comercial, palma africana.

Introdução

Foi por meio da fotografia área que se deu o início da coleta dos dados da Terra de forma remota. Com o avanço dos instrumentos de coletas, aperfeiçoamento das técnicas de interpretações de alvo da superfície terrestre, com destaque para fotointerpretação e fotogrametria, e a evolução dos programas espaciais e suas plataformas orbitais (satélites artificiais) a Terra passou a ser revelada (FORMAGGIO; SANCHES, 2017; SHIMABUKURO; PONZONI, 2017).

A técnica mais consagrada de extração de informações de alvos da superfície do planeta, advém da interpretação de parâmetros ou elementos de localização geográfica, tamanho, padrão, cor, textura e sombra em imagens satelitárias, que estão focados principalmente na dimensão do visível (FLORENZANO, 2007; FLORENZANO, 2016). Contudo, ainda há o processo de interpretação do comportamento espectral dos alvos terrestres, quando expostos ao sol, através dos valores de reflectância de superfície, esclarece Formaggio e Sanches (2017). Logo, o conjunto dessas técnicas têm-se demonstrados excelentes e oportunos instrumentos de coletas de informações confiáveis em diversas escalas de visualização, como regional e continental, das áreas de agriculturas do planeta.

Neste contexto, os sensores orbitais tornam-se instrumentos importantes para obtenção dos dados de culturas agrícolas, principalmente em razão do aumento das áreas agricultáveis, que compreendem as mais largas fatias de terra ocupadas do planeta, que ano após ano expandem-se, a exemplo dos talhões de cana-de-açúcar, pastagens, plantações de seringueiras e do cultivo da palma africana (BURNEY; DAVIS; LOBELL, 2010).

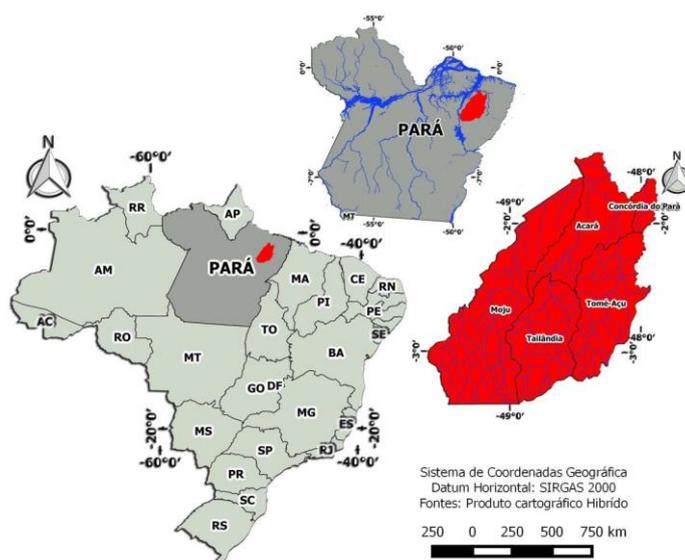
A vantagem está no fato que as imagens orbitais da Terra estão disponíveis em formato digital, podendo ser processadas com uso de computadores que são capazes de realçar, segmentar e classificar, a exemplo, das áreas de agricultura comercial (PONZONI *et al.* 2007, grifo nosso). De acordo com Formaggio *et al.* (2003) os estudos de áreas agrícolas por meio de sensores orbitais são de grande importância, pois auxiliam no monitoramento, informam sobre impactos, biodiversidade, paisagem, dentre outros, além de permitir a avaliações das condições dessas culturas, previsões de safra, pressões sobre recursos hídricos, explicam Almeida *et al.* (2016).

Neste trabalho focou-se na interpretação da dimensão do visível e do comportamento espectral dos alvos da cultura da palma africana por meio das imagens orbitais. De forma geral, trata-se de um estudo que se utiliza das técnicas de interpretações das imagens de satélites para identificação dos talhões da palma africana (dendê) e sua distribuição especial na Microrregião de Tomé Açu (MRGTA), no nordeste paraense.

Área de estudo

O trabalho tem como área de estudo a Microrregião de Tomé-Açu (MRGTA), pertencente à mesorregião do nordeste paraense, dividida em cinco municípios: Acará, Moju, Tailândia, Tomé-Açu e Concórdia do Pará, com uma área total de 23.704,079 km².

Figura 1: Microrregião de Tomé-Açu em 2017.



Fonte: Autores, 2018.

Materiais e métodos

Na primeira fase realizou-se uma pesquisa, seleção e obtenção de imagens orbitais da plataforma Landsat 5 e 8 do repositório público de dados do serviço geológico americano (USGS), conhecido como *EarthExplorer*, para as datas de 14/08/1988, 19/09/1995, 25/07/2004, 26/07/2010 e 29/07/2017, correspondendo ao período seco, quando há pouca presença de nuvens na região. As imagens Landsat pertencem as órbitas 223 e 224 e pontos 61 e 62 do sensor Thematic Mapper (TM) e para o ano de 2017 o sensor Multiespectral Operacional Terra (land) Imager (OLI), contendo respectivamente 7 e 11 bandas.

Na segunda fase fez-se correções atmosféricas, conversão dos Números Digitais (NDs) em radiância e posteriormente em reflectância aparente de superfície no software PCI Geomatics através do assistente ATCOR, que permite realizar Processamento Digital de Imagem (PDI) de imagens satelitárias.

Na terceira fase efetuou-se composições colorida da série temporal Landsat falsa cor 5r-4g-3b, para os anos de 1988, 1995, 2004 e 2010 e falsa cor 6r-5g-4b para o ano de 2017, todas com resolução espacial de 30. Na quarta fase efetuou-se a interpretação visual e o comportamento espectral das culturas do dendê nas imagens Landsat, com base nos elementos de localização geográfica, tamanho, padrão, forma, textura, cor, tonalidade, sombra e valores de reflectância de superfície terrestre. Por fim, realizou-se a classificação supervisionada da Landsat – 8 (2017) para

extração da máscara com a delimitação das áreas de cultivo de dendê na MRGTA com *software* Envi 4.8.

Resultados e discussões

Interpretação visual de dendezaís.

A interpretação visual é definida como a extração de informações das plantações de dendê, levando em considerações alguns elementos básicos de análise, como a localização geográfica, a forma, o tamanho, o padrão, a sombra e a textura dos dendeicultura da MRGTA.

Neste sentido, o primeiro elemento de interpretação está relacionado ao entendimento ou a familiarização com a região interpretada, denominado análise da localização geográfica. No caso da cultura do dendê, historicamente ela foi desenvolvida na região nordeste do Estado do Pará, ao longo da BR 316 em meados de 1956 no município de Castanhal, aproveitando-se áreas da cultura da pimenta do reino decadentes). Por volta de 1961, começa a surgir as Cooperativas Agrícolas, a exemplo da Cooperativa Mista da Amazônia (COOPAMA) e a Cooperativa Mista de Santa Izabel (HOMMA, 2016).

De forma geral o plantio do dendê na Microrregião de Tomé-Açu (MRGTA) teve início por meio da empresa Reflorestadora da Amazônia S.A. (Reasa) na década de 1980. O segundo projeto de plantio do dendê em escala comercial foi através da Companhia Agrícola do Acará (Coacará) em 1981, com 27,5 mil hectares de terra (HOMMA, 2016; NAHUM, 2015)

De 1982 até 2000, houve a expansão da dendeicultura na MRGTA, principalmente por meio de incentivos públicos, chegando na região empresas como a Companhia Real Agroindustrial (CRAI), Companhia Agroindustrial do Pará (Agropar), Amapalma, Dendê Moema, Cooperativa Agrícola Mista Paraense Ltda (Cooparaense), Marborges, Companhia Refinadora da Amazônia (CRA), Refinorte e a Companhia Palmares da Amazônia (CPA). De 2000 a 2011, se instalam na região a Embrapa Agroenergia, Belém Bio Energia (BBB), Biopalma, Petrobras Biocombustível (PBIO) e Archer Daniels Midland (ADM).

O conjunto dos fatores expostos acima, que explicam, justificam, distingue a MRGTA como elemento geográfico polo de desenvolvimento e expansão da cultura da palma Africana na Amazônia, que de acordo com Furlan (2006); Nahum; Santos (2013) são resultantes dos planos governamentais e de ações produziram os “boons” do dendê nesse espaço geográfico localizado a nordeste do Estado do Pará. Quanto ao elemento Forma dos alvos terrestres é possível categorizá-los como alvos com formato irregular ou regular. Por este elemento de interpretação os alvos agrícolas geralmente possuem Formas regulares, diferentemente dos alvos naturais como rios, lagos, nuvens e vegetações (matas) que são projetados nas imagens com as formas irregulares. No

recorte da cena da imagem Landsat- 8, observa-se o curso de um rio, a mata ciliar, as nuvens e suas sombras que são exemplos de formas irregulares presentes em imagens orbitais (Figura 2A).

Como as plantações de dendê são ações antrópicas, esses alvos apresentam uma configuração regular, geralmente retilínea, em razão da fisionomia dos talhões de dendeicultura serem polígonos regulares, sendo facilmente perceptível aos olhos humanos, conforme Figuras 2A e 2C.

O Tamanho é um elemento muito importante na interpretação de alvos terrestres, correspondendo a relação entre as dimensões de um talhão imageado e o objeto por ele representado na superfície, ou seja, o tamanho real do alvo que foi reduzido nas imagens, que no caso dos dendezais da MRGTA, são talhões grande poligonais característicos da agricultura comercial (Figura 2B) (FORMAGGIO E SANCHES, 2017, grifo nosso).

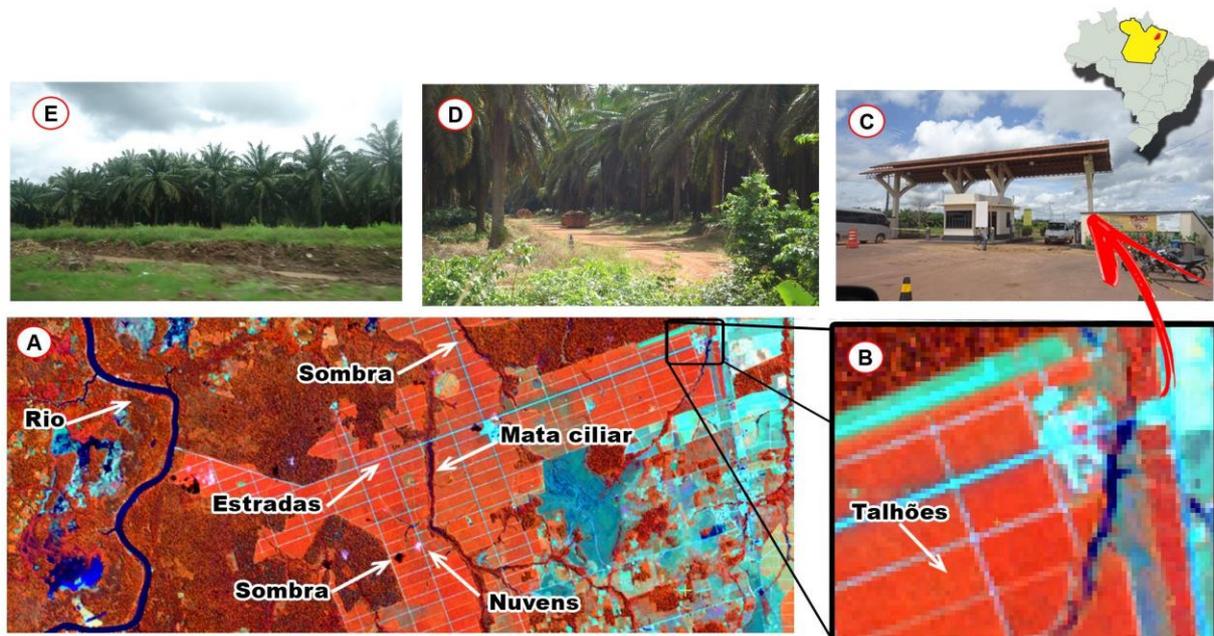
O Padrão refere-se ao arranjo espacial (desenho) dos alvos terrestre, a exemplo novamente dos talhões de cultivos de dendê, identificáveis facilmente por seus corredores ou arruamentos e estradas por onde circulam os ônibus, operários, maquinários e a produções (Figura 2D). Assim, na dendeicultura da MRGTA o padrão dos talhões, obras feitas pelo homem com as estradas e vicinais, que vem se expandindo a cada década dentro da microrregião, onde estão localizados os maiores plantios de dendê e as três maiores empresas do ramo (Agropalma, Biopalma e BBB/Petrobras/Galp).

Nas imagens Landsat - 8 o elemento Sombra são provenientes do relevo, da diferença de copa das árvores e das nuvens escondem informações onde estão projetadas (COSTA, 2010; FORMAGGIO SANCHES, 2017), dificultando assim a caracterização de alvos na superfície terrestre, por serem regiões escuras nas imagens orbitais. Dependendo da forma como foi projetada a sombra, ela pode ou não favorecer a identificação de diferentes alvos terrestres, como por exemplo o limite das plantações de dendê e a floresta primária, bem como das matas ciliares, que pelo elemento da sombra, têm suas bordas realçadas, conforme Figura 2A

No elemento Textura, que está relacionada ao aspecto liso ou rugoso dos alvos nas imagens de satélites, pode-se interpretar os dendezais pela formação dos dosséis dos talhões que possuem aparência lisa verso a aparência rugosa de outras coberturas vegetais, como da floresta primária (Figura 2A e 2B). A abaixo visualiza-se as diferenças de Texturas ora lisa, ora rugosa dos alvos, sendo a rugosa mais perceptível as regiões de floresta e as lisas nos talhões paralelos, quadriculados e reticulado das parcelas dos dendezais da MRGTA, bom como dos rios (Figura 2B).

A cultura do dendê apresenta elementos particulares que facilitam o reconhecimento de sua estrutura como forma, tamanho, padrão, sombra e textura, que são bem definidos e muito comum em cultura agrícola comercial.

Figura 2: Recorte da cena de Landsat-8 de 2017 RGB 564 com diferentes alvos.



Fonte: Autores, 2018.

Interpretação espectral de dendezaís.

Os sensores remotos das plataformas orbitais capturam as informações dos alvos terrestres por meio de faixa espectrais, onde cada tipo de alvo (tipo de material) apresentam um comportamento específico quando da sua exposição ao sol, fazendo com que reflitam, absorvam ou deixem ultrapassar a energia recebida sobre sua estrutura, em função de suas particularidades e condições físicas no momento em que são sensoriados, esclarecem Formaggio e Sanches (2017).

Neste contexto, os elementos de Tonalidade, Cor e Resposta espectral estão relacionados diretamente com a reflectância da energia solar da superfície terrestre captada pelo sensor do satélite. Assim, no processo de interpretação espectral de alvos o alicerce de interpretação é o comportamento espectral dos objetos com relação as bandas disponíveis pelo sensor satelitário, explica De Moraes (2002).

Rosot (2001) afirma que a energia (luz) que é capturada pelo sensor orbital corresponderá a variações de “tons de cinza” que irão compor a imagem de satélite. Quanto mais energia refletida mais o alvo vai tender à cor branca e o inverso serão projetados na cor escura, principalmente em razão da absorção e/ou transmissão do alvo terrestre, esclarecem Moreira (2003) e Liu (2006). O primeiro elemento de interpretação, por meio dos valores de resposta espectral, é a tonalidade que corresponde a intensidade de energia eletromagnética refletida por um alvo, nas distintas bandas do

espectro eletromagnético. É na tonalidade que observa-se os alvos por meio de os tons de cinza, afirmam Meneses e Almeida (2012).

Na Figura 3A, através do elemento tonalidade, identificam-se os talhões da cultura do dendê em diferentes tons de cinza. Na seta verde os tons de cinza claro são projetados os talhões de dendê com mais vigor vegetativo (FLORENZANO, 2007). Os rios (seta vermelha - Figura 2A) são projetados na cor preta em razão da absorção da energia solar. Por fim, outras áreas sem vegetação, com solo exposto que aparecem em tonalidade de cinza intermediária (seta azul) em função da baixa reflectância, conforme Figura 3A.

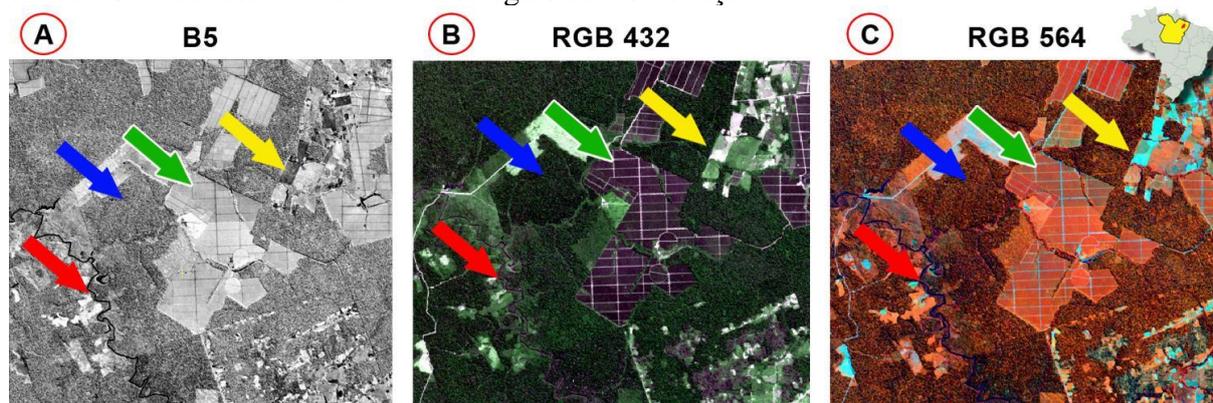
Assim, a Tonalidade é um elemento-chave para interpretação do comportamento espectral de alvos agrícolas, visto que cada talhão de dendezeiro reflete a energia solar em diferentes faixas do espectro eletromagnético, sendo projetado em distintos tons de cinza (FORMAGGIO; SANCHES, 2017, grifo nosso). Contudo, para a interpretação das áreas de plantios da palma africana em imagem monocromática é necessário auxílio do elemento Cor.

A Cor é uma forma interpretação alvos pelo estabelecimento de bandas específicas em três canais com as cores primárias (vermelho, verde ou azul) formando as imagens coloridas dos satélites, afirma Florenzano (2007). A principal vantagem de interpretação de alvos pela junção de diferentes bandas em composição colorida, está no fato de serem melhor detectadas pelos olhos humano (Ha *et al.* 2013).

Na Figura 3B gerou-se duas composições coloridas no recorte da cena da imagem Landsat-8, sendo a primeira denominada de verdadeira cor, onde os alvos assumem cores “naturais”, a exemplo das áreas de floresta (seta azul), dendezais (seta verde), e propriedades rurais (seta amarela). Na Figura 3C os alvos assumem cores “não naturais” denominado de composição colorida falsa cor, que são importantes para realçar aspectos relevantes sobre cada material na cena Landsat (LIU; MASON, 2013).

Na interpretação de alvos agrícolas em cenas de satélites, normalmente são executadas por meio de composição do tipo falsa cor, conforme Figura 3C (NOVO, 1992; FORMAGGIO; SANCHES, 2017). A escolha desta composição é justificada pelo fato dos alvos agrícolas serem facilmente diferenciados, a exemplo da Figura 3C, onde tons de vermelho (seta verde) realçam melhor os dendezeiros em vez de tons verde. Além do destaque dado aos objetos, as composições coloridas falsa também podem realçar elementos fisiológicos da vegetação, com o vigor vegetativo, como destacam Lillesand *et al.* (2014) e Formaggio; Sanches (2017).

Figura 3: Comparação de recortes de imagens Landsat-8 de 2017 na banda 5 (NIR) e em composição colorida (combinação de três bandas) RGB 432 (cor verdadeira) e RGB 564 (falsa cor) de uma mesma dendeicultura na microrregião de Tomé Açu.



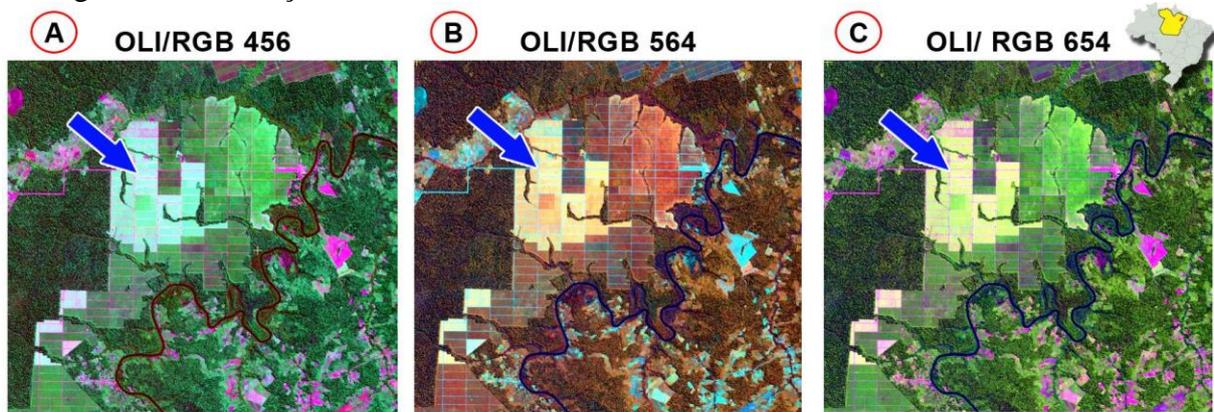
Fonte: Autores, 2018.

Além dos talhões de dendezeiros serem realçados de modo distintos nas composições coloridas do tipo falsa cor (Figura 4 - setas azuis) é possível identificar de modo distinto a hidrografia, a mata, os lotes rurais, o solo exposto, a mata ciliar e as sombras. Na composição colorida falsa cor RGB 564 (Figura 4B) os dendezeiros assumem a cor vermelha, correspondendo a regiões de pleno vigor vegetativo que garante a produção futura da plantação, conforme afirmam Gitau *et al.* (2009) e Cordeiro *et al.* (2010).

A diferentes colorações dos polígonos retangulares dos dendezais estão associados ao nível de energia refletida pelos alvos nas diferentes bandas da imagem Landsat - 8, que corresponde, segundo Nascimento e De Abreu (2012), ao vigor fotossintetizante ativo dos talhões agrícolas, bem como suas idades, alturas, práticas de cultivo, dentre outros fatores como irrigação, área sadia verso infectadas, declaram Shimabukuro; Ponzoni (2017).

A propriedade química, física e biológica do solo também são aspectos que influenciam na diferença de cores na composição colorida das imagens orbitais (CREPANI *et al.* 2001). A aparência da cobertura vegetal em determinados produtos de sensoriamento remoto é fruto também de um processo complexo que envolve muitos fatores ambientais (PONZONI *et al.* 2007). Assim, a coloração da imagem orbital além de dar destaque às formas, do mesmo modo realçam características biofísicas dos elementos que compõem os alvos (SHIMABUKURO; PONZONI, 2017). Na Figura 4 testemunha-se o realce dos talhões dos dendezeiros da Agropalma sobre duas composições do tipo falsa cor, onde observam-se os talhões retilíneos no sentido Leste-Oeste característicos da plantação de dendê, bem como os arruamentos, estradas ou vicinais entre estes polígonos (Figura 4A).

Figura 4: Recorte da cena de uma imagem OLI/Landsat-8 de 2017 em três composições coloridas falsa-cor: (A) RGB 456; (B) RGB 564 e (C) RGB 654 de uma mesma dendeicultura na microrregião de Tomé Açu.



Fonte: Autores, 2018.

Para a caracterização espectral dos alvos na superfície terrestre deve-se realizar a conversão dos “Número Digitais” (NDs) em valores físicos, declara PONZONI *et al.* (2007). A análise preliminar consiste comparação das curvas de cada classe, a fim de entender seu comportamento sobre as faixas do espectro eletromagnético captada pelo sensor da plataforma orbital do Landsat – 8 adquirida da órbita 223/Ponto 61 que cobre a MRGTA.

A partir dos valores médios de resposta espectral dos alvos é possível caracterizar melhor os diversos alvos de Uso e Cobertura da Terra (UCT). Na Tabela 1 estão descritos os valores de mínimo (Min), médios (Med) e máximo (Max) de reflectância dos diferentes alvos da MRGTA nas bandas do sensor Landsat – 8 de 2017. Com os valores obtidos identificam-se a diferenças de resposta dos alvos terrestres sobre as principais faixas do espectro eletromagnéticos. A agricultura anual é a classe onde estão agrupadas as culturas permanentes (palma africana) da MRGTA pelo Terraclass/INPE, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Valores de resposta espectral dos Uso e Cobertura da Terra da MRGTA

UCT	B2			B3			B4			B5			B6			B7		
	Min	Md	Max	Min	Md	Max	Min	Md	Max	Min	Md	Max	Min	Md	Max	Min	Md	Max
Agricultura anual	3,0	6,5	17,7	0,0	5,3	23,9	4,8	12,1	35,4	0,5	32,8	59,6	0,7	22,5	51,4	0,4	11,8	52,2
Área urbana	3,5	6,8	29,7	0,3	5,6	35,5	5,7	12,6	50,7	0,3	33,2	54,3	0,2	23,6	60,0	0,2	13,9	40,5
Pasto c/ solo exposto	3,6	5,1	11,7	1,2	3,7	13,7	6,0	9,4	25,0	32,0	36,3	42,8	11,2	18,1	39,8	4,0	9,1	29,5
Pasto limpo	2,6	5,2	63,9	0,0	3,7	62,7	4,7	9,0	85,9	0,0	34,9	77,7	0,0	19,4	69,1	0,0	9,1	98,1
Pasto sujo	2,8	5,4	35,0	0,0	3,8	38,4	5,0	8,9	55,8	0,0	36,4	63,1	0,0	18,7	59,9	0,0	8,6	37,1
Reflorestamento	3,3	5,8	13,4	0,4	4,2	16,1	5,5	10,8	28,2	21,9	32,4	49,9	9,1	20,4	41,1	3,4	10,6	28,3
Regeneração c/ pasto	2,7	4,7	38,1	0,0	3,6	39,8	4,8	9,0	59,0	0,0	35,7	65,1	0,0	17,5	52,8	0,0	7,7	43,8
Veg. secundária	2,6	4,6	59,5	0,0	2,8	62,0	4,7	7,8	85,3	0,0	35,3	74,6	0,0	16,8	70,1	0,0	7,3	57,8
Floresta	2,8	4,8	35,7	0,0	3,7	35,9	4,9	8,2	41,9	0,0	35,2	57,3	0,0	17,3	44,6	0,0	7,7	32,5
Hidrografia	3,5	4,4	10,5	0,0	3,3	14,0	5,6	7,5	32,8	0,2	30,4	51,1	0,1	14,3	38,9	0,0	6,0	25,5
Mineração	3,4	10,0	57,6	0,0	9,6	60,6	5,4	19,1	85,3	0,0	35,4	77,3	0,0	26,6	75,9	0,0	14,2	60,6

Legenda: UCT – Uso e Cobertura da Terra; Min – Mínimo; Md - Médio; Max – Máximo. **Fonte:** Processado pelos autores, 2018.

A análise de resposta espectral dos alvos na MRGTA é fundamental para diferenciar por exemplo os dendezaís das floretas e das pastagens, fato este observado pela maior contribuição numérica do dendê com relações aos valores aferidos para classe de floresta, cuja respostas espectrais na banda 5 foram menores quando comparados com os das demais classes, conforme Tabela 1.

As classes de vegetação primária, vegetação secundária, pasto sujo apresentam similaridades entre suas respectivas curvas, o que pode ser atribuído à maior quantidade de folhas verdes, responsáveis pela absorção da radiação incidente com conseqüente diminuição de radiação refletida (Tabela 1 e Figura 5). Esse fato pode ser notado quando analisa-se os valores de reflectância na banda 4, em relação a banda 5 onde aparecem os maiores valores de reflectância dos alvos (Tabela 1).

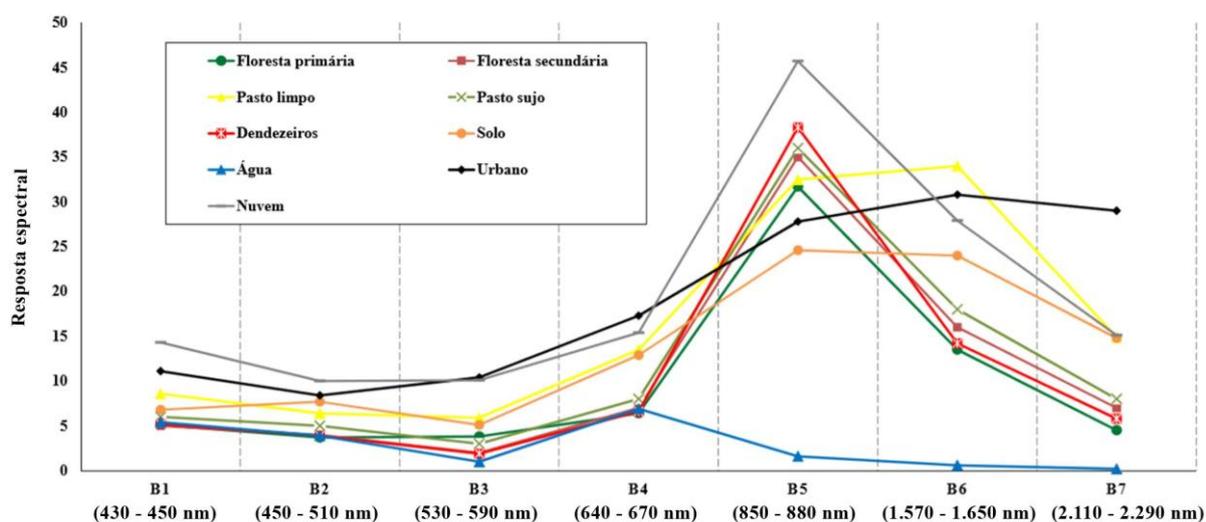
Como o trabalho limita-se a análise do comportamento espectral de estruturas com dosséis homogêneos (dendezaís) testemunha-se que os valores de reflectância na região do infravermelho próximo (B5) (Tabela 1) são maiores que na banda do vermelho (B3) correspondendo a maior quantidade de folhas verdes que absorvem os valores de reflectância, explica Ponzoni *et al.* (2007). O autor esclarece também que quanto mais o solo estiver exposto ao sol maior serão os valores de reflectância medidos na região do visível, constituídos pelas bandas 2, 3 e 4, a exemplo do pasto limpo, solo e área urbana (Tabela 1 e Figura 5).

O comparamos e o posicionamento da curva da floresta (curva verde) com a de cultivo palma africana (curva vermelha) observa-se certa similaridade nas curvas em função de serem

classe com elevada biomassa e maior presença de fitomassa fotossintetizante ativa esclarece Venturieri e Santos (1998). Solo, Pasto limpo (curva amarela) e Área urbana (curva preta) geralmente possuem maiores valores de reflectância de superfície nas quatro primeiras bandas em razão da ausência de cobertura vegetal, afirma Viçoso (2018).

A curva do comportamento da água (curva azul) é distinta com relação as outras classes, com valores de reflectância baixo na região do visível que de acordo com Trentin (2009), os corpos d'água, por não terem qualquer porcentagem de cobertura vegetal, pouco refletem valores físicos ao sensor orbital, conforme Figura 5. Observa-se também na Figura abaixo que as curvas dos diferentes UCT da MRGTA possuem reduzida similaridade, em razão dos seus distintos valores de resposta espectral, que correspondem suas propriedades físico/químico, ou que suas estruturas orgânicas serem bem diferentes.

Figura 5: Valores de reflectância de superfície terrestre extraídos dos pixels específicos da imagem Landsat-8 223/61 de 2017, para cada classe apresentada.



Fonte: Autores, 2018.

As curvas espectrais da Figura 6 são de alvos fotossintetizante ativo, entre o comprimento entre 700 nm à 1.300 nm, região denominada pela alta reflectância da vegetação devido à interferência da estrutura celular da vegetação (NOVO, 1992). Após esta faixa (1.300 a 2.500 nm) a reflectância da vegetação é dominada pelo conteúdo de água nas folhas, o que provoca absorção da radiação solar incidente e por conseguinte, valores reduzidos de reflectância, correspondendo a queda da curva a partir da faixa de 1.400 nm (NOVO, 1992; PONZONI, 2003).

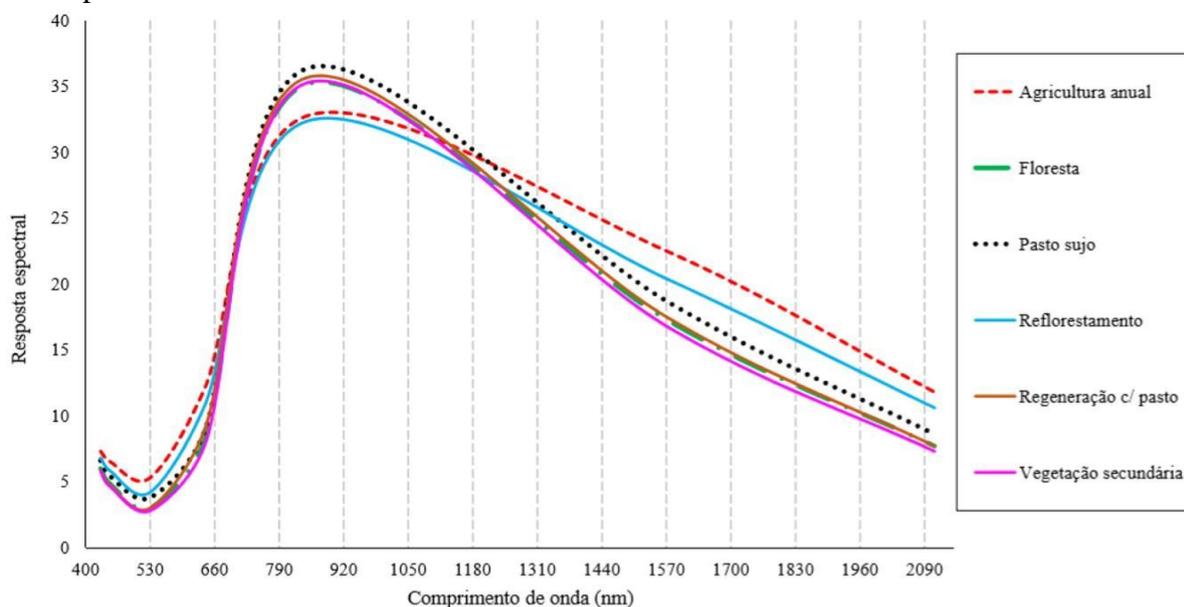
No estudo do comportamento espectral da estrutura com ciclo vegetativo, como da palma africana, onde o aumento do dossel provoca um nível de absorção, representando a queda da curva da resposta espectral (floresta e vegetação secundária), a apresenta tons de cinza mais forte (Figura

6, Banda 3). De acordo com Formaggio e Sanches (2017), a absorção está relacionado a área foliar clorofilada que resulta na redução da resposta espectral e por conseguinte no escurecimento do alvo na imagem de satélite.

No caso do pasto sujo, que são regiões onde foram desenvolvidas atividades causando alteração da vegetação natural, há um aumento da resposta espectral (curva pontilhada na cor preta). A agricultura anual e reflorestamento a alta reflectância da vegetação (1.200 nm) é decorrente desses tipos de vegetação, do estágio de desenvolvimento, condição da cultura, formato do dossel uniforme provoca espalhamento e menor reflectância, conforme Figura 6. Contudo, a reflectância de dosséis uniformes ocorre múltiplas reflexões e refrações na radiação eletromagnética, que conduz a uma curva específica região denominada pela alta reflectância da vegetação (1.300 a 2.500 nm), conforme Figura 6.

Na Figura 6, sublinha-se que a curva da floresta ficou entre as curvas da vegetação secundária e regeneração com pasto, sendo a primeira uma região com presença de vegetação e a segunda menor ou quase nenhuma cobertura vegetal o que posicionou a curva em valores maiores de resposta espectral, conforme Figura 6 – curva na cor cinza.

Figura 6: Respostas espectrais fotossintetizante ativo da imagem Landsat-8 223/61 de 2017, para cada comprimento de onda.



Fonte: Autores, 2018.

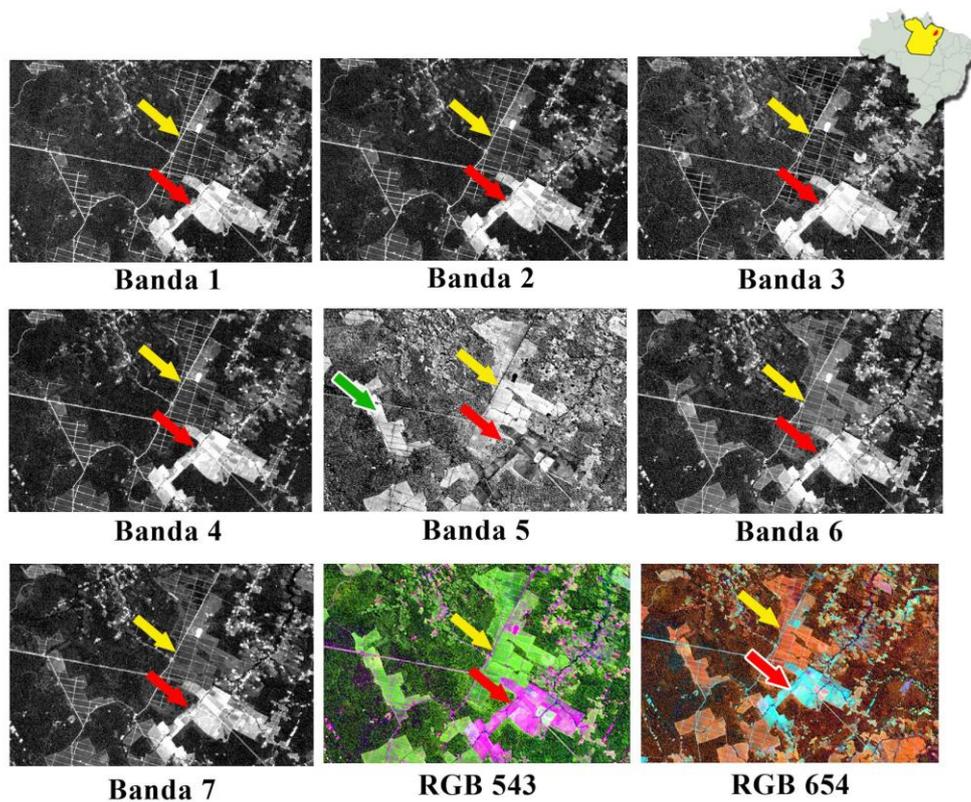
Na figura 7, no contexto da resposta dos alvos terrestres em especial da dendeicultura da MRGTA, observa-se recorte das principais bandas do espectro eletromagnético que são registrados pela plataforma orbital e que formam as imagens satelitárias. Segundo Shimabukuro e Ponzoni (2017), pode-se entender a formação dos dados orbitais como uma mistura espectral, em que

prevalece a característica espectral dos alvos terrestre com estradas, vegetação, culturas, água, dentre outros.

Ainda de acordo com os autores, as regiões que possuem menor quantidade de vegetação geralmente possuem pixels mais claros (seta vermelha). Na seta amarela identifica-se as parcelas de cultivo de dendê destacadas em cores escura, com exceção da banda 5. A cor escura é resultante da absorção da clorofila e água presente nas folhas das palmeiras e da vegetação de modo geral, esclarecem Rudorff e Moreira (2002); Shimabukuro e Ponzoni (2017).

Na banda 5 (infravermelho próximo) as folhas verdes dos cultivos de palma africana apresentam alto valores de reflectância, correspondendo a tons mais claros, que também está associado ao plantio em fileiras que possibilita maior reflectância, alta transmitância e baixa absorção, conforme explicam Hoffer apud, Formaggio; Sanches (2017). Logo, a maior dificuldade na interpretação do comportamento espectral da vegetação agrícola do dendê é decorrente da estrutura de plantio em fileiras, que segundo Formaggio e Sanches (2017) interfere na maneira como ocorre a penetração da radiação através do dossel, bem como na quantidade de folha, de solo e de sombra imageada (dossel). Na fase do mapeamento dos talhões a interferência mencionada acima obriga o classificador automático reunir as feições de sombra e solo na classe de dendezaís em só grupo, o que vai dificultar, por exemplo, a segmentação e extração dos arruamentos dos dendezaís.

Figura 7: Recorte de imagem Landsat – 8 (223/61) de 2017 nas Banda 1, Banda 2, Banda 3, Banda 4, Banda 5, Banda 6, Banda 7 e composição colorida (R5 G4 B3 e R6 G5 B4).



Fonte: Autores, 2018.

Portanto a partir do conhecimento do comportamento espectral dos alvos da superfície terrestre de cada banda do sensor orbital, melhora-se o processo de interpretar a imagem gerada, facilitando o acesso às informações que descrevem as feições da superfície terrestre da MRGTA.

Interpretação da dinâmica dos dendezais

Identificando-se os dendezais nas imagens orbitais pode-se interpretação da dinâmica dessa agricultura comercial na MRGTA. Com resultados multitemporal percebe-se que há um processo de expansão, tendo o início avançado sobre áreas de vegetação nativa e/ou ocupando área improdutivas remanescente da pecuária na região (pastagens).

A Figura 8 apresenta recortes temporais de imagens Landsat em 29 anos, que revelam a dinâmica de ocupação e uso do solo na MRGTA, até a dendeicultura, que ajuda a entender as subtrações e adições sucessivas no espaço, sendo uma espécie de marca da história do trabalho e da técnica (SANTOS, 2008). No caso da MRGTA a dinâmica de subtrações sucessivas (Figura 8A a 8D), principalmente da vegetação nativa, foi para criações de pasto (fronteira agrícola) e posteriormente as adições pelas substituições dos pastos pela cultura da palma (fronteira do biodiesel – Figura 8D e 8E), geralmente favorecido de acordo com Puntel (2012), pelas condições

políticas, estratégica e econômica de época, determinando uma organização e funcionalidade econômica desse Polamazônico (grifo nosso).

A seta vermelha identifica a dinâmica de subtração e adição da vegetação em 22 anos, principalmente pela a adição de plantio de culturas perenes de fácil comercialização, sobretudo borracha, cacau, coco e atualmente eucalipto e dendê (Figura 8E). Na seta vermelha atesta-se a dinâmica de exploração da floresta por madeireiras/serrarias que desencadeou processo de exploração/degradação provocado pelo fogo/lavoura/carvoaria/pasto que deixou suas cicatrizes (marca) na região (fronteira agrícola) (Figura 8A a 8C).

Os cinco recortes das cenas Landsat de datas distintas testifica a dinâmica de subtração progressiva da vegetação e o crescimento progressivo de áreas reutilizada para produção do agronegócio do dendê. A seta vermelha na Figura 8E aponta a marca da dendeicultura na paisagem, que pode ser descrita e inventariada, conforme explica Berque (2004). Pela análise da dinâmica de ocupação areal dos talhões de dendê amplia-se a compreensão sobre o conceito de unidade de paisagem rural, bem como elucidar suas transformações no nordeste paraense, pautadas em conceitos, categorias e mudança da paisagem relacionado às políticas públicas na MRGTA.

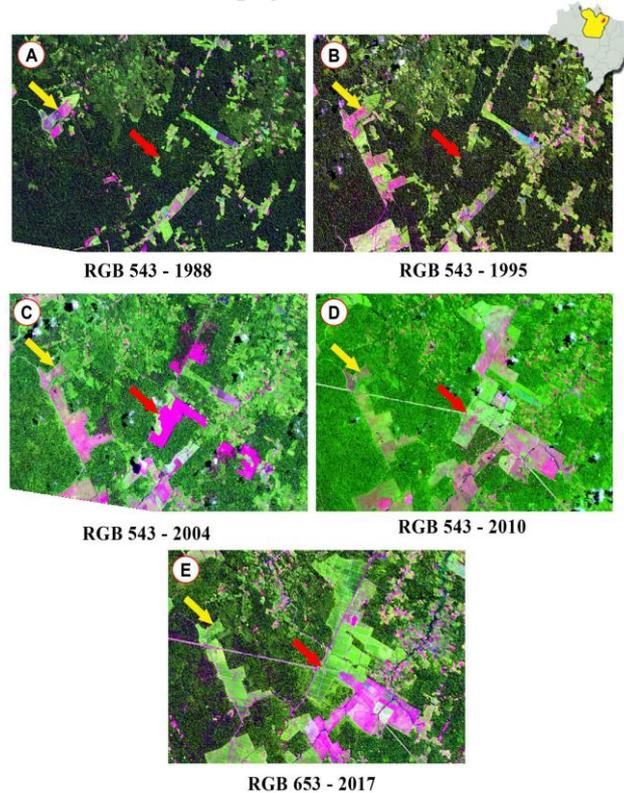
A dinâmica dos dendezais em imagens orbitais pode ser analisada por percepção e/ou perspectiva, onde na primeira concebe-se as marcas na paisagem e a segunda como fragmentos (matriz). (VERDUM; PUNTEL, 2010). Como marca Verdum (2012) explica que a dinâmica da paisagem é percebida através da descrição possível de serem inventariada, já como matriz participa dos esquemas de ação e relação com a sociedade, com o espaço e com a natureza e seus fragmentos. Neste contexto, considera-se a troca contínua de formas em periódicos ou/e intervalos que conduzem a uma renovação da paisagem e seu funcionamento. Portanto, para entender a dinâmica da paisagem do dendê deve-se conceber os aspectos visíveis para depois sua forma, estrutura e funcionalidades, conforme elucidada Puntel (2012)

Com os fragmentos (mosaico) de paisagens rurais, em especial da MRGTA, por meio de imagens de sensores remotos, é possível perceber que as ações políticas a partir de suas relações com dendê nos vários tempos impulsionaram o amento das áreas de cultivos, a exemplo do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (2004) e o de Produção Sustentável de Óleo de Palma (2010) (FURLAN, 2006).

As marcas observadas entre Figura 8C corresponde as áreas desmatadas decorridas dos grandes projetos agropecuários que se implantaram na região (madeira e pecuária), que agora estão disponíveis para serem compradas ou arrendadas para produção do biodiesel. Segundo Homma e Vieira (2012), áreas de Tailândia ocupada pela monoculturas de dendê são decorrente da substituirão as pastagens atuais e campos abandonados.

Na Figura 8D e 8E as marcas retratam alguns resultados dos investimentos na Amazônia que segundo Pinto (1977), representam a preferência do governo nos setores (agronegócio) que reforçam a dependência econômica das regiões, para tentar sustentar seu próprio desenvolvimento econômico. A dinâmica adições sucessiva da palma africana na MRGTA acontece principalmente porque a cultura é valorizada no mercado nacional e internacional, uma vez que o óleo de palma é amplamente utilizado na indústria alimentícia em todo o mundo (BECKER, 2010). Assim, a dinâmica da paisagem regional do crescimento do território pelo dendê tem como principal vetor as políticas públicas do biodiesel.

Figura 8: Dinâmica de ocupação do dendê na MRGTA em 29 anos.



Fonte: Autores, 2018.

Identificação dos dendezais

A interpretação de imagens de sensores remotos orbitais exige treinamento, familiarização com elementos de observação para posterior extração de informações, classificação automática e elaboração de mapas temáticos. Com auxílio dos elementos de localização geográfica, forma, tamanho, textura, padrão, sombra, tonalidade, cor e valores de reflectância de superfície agrupou-se os talhões de cultivos de dendê nas imagens Landsat – 8 de 2017, mesmo essas possuindo resolução espacial grosseira (~30 m).

Neste sentido, a identificação das áreas de cultura do dendê só foi possível nas parcelas com dimensões superiores a 30metros x 30metros, Ou seja, as parcelas agrícolas da palma devem ser suficientemente grandes para permitir serem distinguidos individualmente (classificados), que em termos práticos devem ser quatro vezes a área normal dos pixels registrados, conforme ressaltam Nascimento; De Abreu (2012).

A interpretação de imagens satelitários possibilitou o processo de atribuição de significado (classificação) de cada pixel em função de sua propriedade numérica (resposta espectral), definindo-se os limites dos agrupamentos dos talhões, resultando na identificação das parcelas dos dendezaís, extraindo-se a máscara com a delimitação das áreas de cultivos na MRGTA, conforme Figura 9.

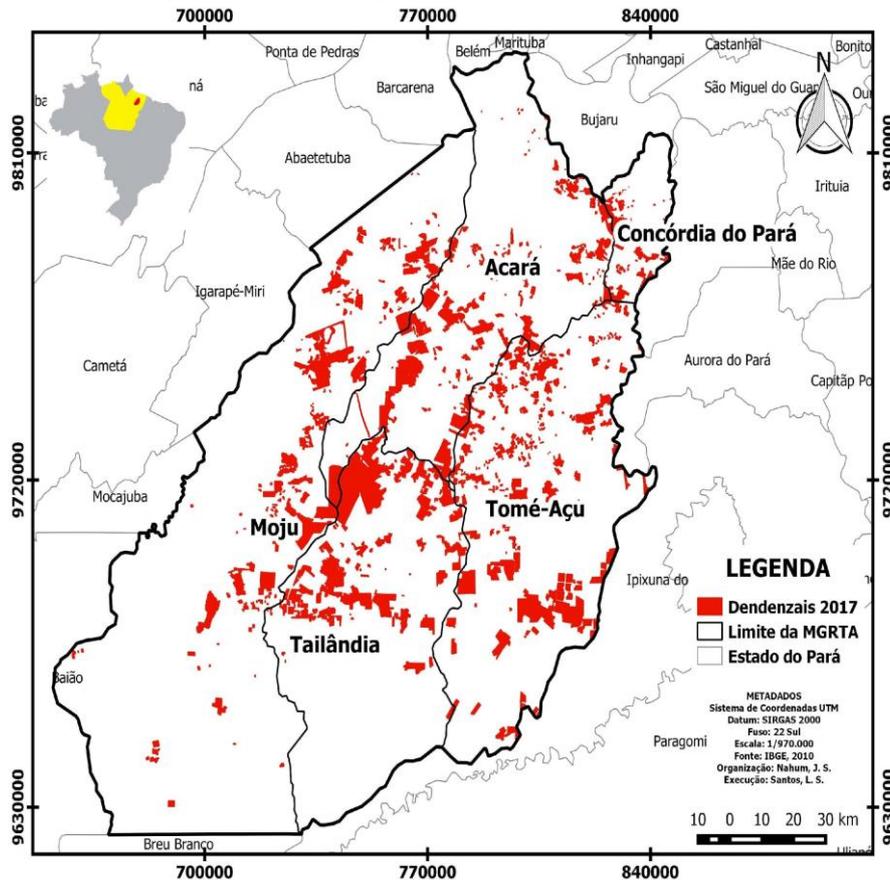
Observa-se no Mapa da Figura 9 a máscara dos dendezaís da microrregião de Tomé-Açu para o ano de 2017. Com este limite pode-se buscar informações sobre a dimensão e arranjo espacial, produção e estimativa por área, revelando segundo Suertegaray; Guasselli, (2004) e Verdum, *et al.* (2012), uma dimensão espacial desta unidade de paisagem inédita, bem como diversos aspectos para além do campo da visão, dando significado a cada um deles como, por exemplo, sobre o processo especulativo em imóveis (fazendas agropecuárias, sítios, chácaras, produtivos ou não) e posse da terra nessa microrregião (grifo nosso).

Nahum (2015) afirma que a questão fundiária tem sido um dos principais problemas quanto às parcerias das agroindústrias com os agricultores familiares, sendo uma desta a falta de documentação dos lotes dos pequenos agricultores o que impede o acesso ao crédito do Pronaf que é essencial para o financiamento da produção do dendê.

Com a máscara das parcelas de dendezaís (Figura 9) pode-se realizar o levantamento, monitoramento, estimativas e geração de cenários futuro da palma na MRGTA, bem como da dinâmica da sua expansão através, bem a execução planejamento e manejo dos setores públicos e privados, principalmente quanto às casos de poluição decorrente do uso de defensivos químicos e com fertilizantes, em especial dos corpo d'água reduzindo as possibilidades e maiores impactos sobre este recurso ambiental, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

Até os dias atuais, as áreas de cultivo do dendê crescem de maneira surpreendente, somado a esse processo a compras de fazendas, sítios, chácaras e terras da agricultura familiar, bem como outras áreas da pecuária degradadas e parceria com agricultores camponeses da região, conforme afirmam Nahum (2015); Nahum (2018); Carvalho (2016) e Lameira (2017). A Figura abaixo ilustra o território do dendê da MRGTA, correspondendo a concentração e centralização de terras por poucas empresas, reforçando que a estrutura agrária na Amazônia continua desigual.

Figura 9: Mapa da mancha dos talhões de dendezaís da microrregião de Tomé-Açu, nordeste paraense decorrente de interpretação de imagens de sensores orbitais Landsat – 8.



Fonte: Autores, 2018.

Por fim, reflete-se que a identificação dos dendezaís por meio de sensores orbitais não exclui o trabalho de campo, sendo também adequado a comparação entre a área identificadas com informações cadastrais, estatística e estimada fornecidas pelo IBGE. Portanto é necessário a visita “in loco” com o uso de drone, GPS para definição e localização de unidades amostrais das unidades de paisagens da cultura permanente do dendê na MRGTA.

Conclusão

A metodologia de identificação de alvos terrestres por de elementos de interpretação das imagens de sensoriamento remoto foram fundamentais para identificação dos talhões de palma africana e para o mapeamento dessa cultura na MRGTA. A localização geográfica, a forma, o tamanho, a textura, o padrão, a sombra, a tonalidade, a cor e os valores de reflectância possibilitaram a produção de informação espacial do agronegócio da palma inéditas, em especial na MRGTA.

A mascarará com a delimitação das áreas de cultivo de dendê corresponde o território do dendê consolidadas a mais de 20 anos nessa microrregião, representando uma visão diferenciada da dimensão espacial desse agronegócio, sendo avanços no processo quantificação real de hectares de cada empresa, que são dados quase que sigilosos, como questiona Nahum (2015).

Sublinha-se que a identificação da planta dos dendezaís é um instrumento importante para elaboração dos cenários, apresentados sob variadas formas de representação cartográfica, como por exemplo, para o ordenamento territorial, dada a possibilidade de conhecer se os dendezaís estão sobrepostos regiões com fragilidade ambiental, que com a expansão do dendezeiro pode estar sendo afetado negativamente, sendo necessário maior controle desse território agrícola para evitar impactos nas áreas de proteção permanentes, decorrente da remoção de matas ciliares que podem ocasionar o assoreamento nos rios, dentre outros impactos.

Referências

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, J. A. M.; ESQUERDO, J. C. D. ADAMI, A.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon, 2008. **Acta Amazonica**, v. 46, n.3, p 291-302, 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672016000300291&script=sci_arttext>. Acesso 10 mai. 2018

BECKER, B. K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da Palma de Óleo (dendê)?. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 10, 2010. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/6609>>. Acesso em: 12 mai 2018.

CARVALHO, A. C. A. **As metamorfoses do trabalho e no espaço a partir da dendeicultura em Tomé-Açu (PA): estudo de caso na Vila Forquilha**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2016. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Disponível em: < <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8980>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

CORDEIRO, A.; ALVES, A.; SMIDERLE, O.; MACIEL, C. Desenvolvimento vegetativo de Dendezeiro em Ecossistemas de Cerrado e Floresta de Roraima. **Embrapa Roraima-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/696269>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

COSTA, J. A. **Uso de imagens de alta resolução para definição de corredores verdes na cidade de São Paulo**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://horla.com.br/sites/default/files/documentos/juliana_amorim_da_costa1.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2018.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial** (p. 124). São José dos Campos: Inpe. Disponível: < <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

DE MIRANDA LAMEIRA, W. J.; VIEIRA, I. C. G.; DE TOLEDO, P. M. Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no Nordeste do Pará (2008 a 2013). **Novos Cadernos NAEA**, 18(2), 2015. Disponível em:< <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/1990>>. Acesso em: 02 out. 2017.

DE MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**, Capítulo 1, 2002. Disponível em: < http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2018.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de Textos, p. 320, 2016.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, p.128, 2007.

FURLAN JR, J.; KALTNER, F.J.; AZEVEDO, G.F.P.; CAMPOS, I.A. Biodiesel: Porque têm que ser dendê. Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2006. Disponível em:< <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

GITAU, C. W., GURR, G. M., DEWHURST, C. F., FLETCHER, M. J., & MITCHELL, A. Insect pests and insect-vectored diseases of palms. **Australian Journal of Entomology**, v. 48, n. 4, p. 328-342, 2009. Disponível em:< <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1440-6055.2009.00724.x>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

HA, W.; GOWDA, P. H.; HOWELL, T. A. A review of potential image fusion methods for remote sensing-based irrigation management: part II. **Irrigation Science**, v. 31, n. 4, p. 851-869, 2013. Disponível em:< <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-012-0340-6>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

HOMMA, A. K. O.; VIEIRA, I. C. G. Colóquio sobre dendezeiro: prioridade de pesquisas econômicas, sociais e ambientais na Amazônia. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 8, n. 15, p. 79-90, 2012. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/968530>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

LAMEIRA, W. J.; VIEIRA, I. C.; TOLEDO, P. M. Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no Nordeste do Pará. **Novos Cadernos NAEA**. v. 18 n. 2. p. 185-197, 2015. Disponível em:<<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/1990>>. Acesso em: 25 set. 2017.

LILLESAND, T.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 2014. Disponível em:< <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Remote+sensing+and+image+interpretation&ots=0Crkc1fy7p&sig=8vXTXTixNmhJLddJukcr1RM-z-s#v=onepage&q=Remote%20sensing%20and%20image%20interpretation&f=false>>. Acesso em: 18 jun. 2018

LIU, J. G.; MASON, P. J. **Essential image processing and GIS for remote sensing**. John Wiley & Sons, 2013. Disponível em< https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=a9_CLN4FWEMC&oi=fnd&pg=PT13&dq=Essential+image+processing+and+GIS+for+remote+sensing&ots=M5FznZQtrS&sig=zKh_13wII0dwUWYJ9xyoJKelUW8#v=onepage&q=Essential%20image%20processing%20and%20GIS%20for%20remote%20sensing&f=false>. Acesso em 19 jun 2018.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. D. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 01-33, 2012. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33333156/MENESES_ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PROCESSAMENTO_DE_IMAGEM.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539963634&Signature=x7dwPRuZUWw4CpqlSjWIANUqDhA%3D&respons e-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMENESES_and_ALMEIDA_2012_INTRO_AO_PROCE S.pdf>. Acesso em: 25 jun 2018.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 307p.

NAHUM, J. S.; DOS SANTOS BASTOS, C. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de geografia agrária**, 9(17), 2014. Disponível em:<<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/23628>>. Acesso em: 29 set. 2017.

NAHUM, J. S.; DOS SANTOS, C. B. Uma interpretação geográfica da dendeicultura na Amazônia Paraense. **Revista da ANPEGE**, v. 11, n. 15, p. 309-331, 2015. Disponível em:<<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6457>>. Acesso em: 25 set 2018.

NAHUM, J. S.; MALCHER, A. T. C. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 16, 2012. Disponível em:<<http://revistaterceiramargem.com/index.php/terceiramargem/article/viewFile/49/52>>. Acesso em: 29 set. 2017.

NAHUM, J. S; SANTOS, C. B. dos. Impactos socioambientais da dendeicultura em comunidades Tradicionais na Amazônia paraense. **Acta Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Geografia Agrária, 2013. p.63-80. Disponível em:< <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/1953>>. Acesso em: 09 nov. 2017.

NASCIMENTO, H. R.; DE ABREU, Y. V. Geotecnologias e o Planejamento da Agricultura de Energia. **Yolanda Vieira de Abreu**, ISBN-13: 978-84-15547-88-4. p.230, 2012.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Edgard Blücher, p.388, 1992.

PENA, R. F. A. Sensoriamento Remoto; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/sensoriamento-remoto.htm>>. Acesso em: 14 de julho de 2018.

PINTO, L. F. **Amazônia: o anteato da destruição**. Belém: Grafisa, p. 1977.

PONZONI, F. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, p. 176, 2007.

ROSOT, N. C. **Integração de imagens de sensores de microondas e ópticos para fins de mapeamento e classificação de reflorestamentos no sul do Brasil**. 2001. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/80018?show=full>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

RUDORFF, B.F.T.; MOREIRA, M.A. **Sensoriamento aplicado a agricultura**. (Capítulo 9). São José dos Campos: INPE, 2002.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**. 3. edição. São Paulo: HUCITEC, p. 136, 2008.

SHIMABUKURO, Y. E.; PONZONI, F. J. **Mistura espectral: Modelo linear e aplicações**. Oficina do Texto, p. 128, 2017.

TRENTIN, A. B. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo do comportamento espectral da água no reservatório Passo Real – RS**. 2009. 97p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em:<<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/9310/TRENTIN,%20ALINE%20BIASOLI.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

USGS (GEOLOGICAL SURVEY/ SERVIÇO DE LEVANTAMENTO GEOLÓGICO AMERICANO). **Imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8: data de passagem 06/07/2017 EUA**. Disponível em <<https://landsat.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 set. 2017.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J.R. dos. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: ASSAD, E.D. SANO, E.E. et al. **Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI/ Embrapa-CPAC, 1998, p.351-369.

VERDUM, R.; PUNTEL, G. A. **Espaço geográfico e paisagem. Ensino fundamental**, p. 75, 2010.

VIÇOSO, L. C. B. **Modelo linear de mistura espectral para mapeamento dos estágios de degradação das pastagens - Ituiutaba**. 2018. 118 f. Dissertação (mestrado em Geografia - Universidade Federal de Uberlândia/ Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, Ituiutaba, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21314>>. Acesso em: 12 jul. 2018.