

Identificação de áreas potenciais de floresta de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. com o sensor OLI/Landsat8

Identification of potential forest areas of *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. with the OLI/ Landsat8 sensor

Bruno Leonardo Gonçalves Castro¹

Resumo: O babaçu é uma palmeira que possui importância industrial na extração de seu óleo e é utilizada há séculos por populações tradicionais como fonte de alimento e material para construção de casas e energia. Está presente na América do Sul, principalmente em áreas perturbadas, e pode ser encontrada isolada ou de forma massiva, caracterizando uma fisionomia denominada babaçual. Verifica-se a necessidade de identificação e mapeamento dessas fisionomias no Brasil. Os índices de vegetação têm proporcionado grande auxílio na identificação de fisionomias vegetais e a literatura sua difusão já é conhecida com aplicações do sensoriamento remoto em ambientes de palmeiras, mas o aspecto diferencial desta pesquisa é tratar da investigação de alguns desses índices, para verificar sua adequação ao mapeamento de fisionomias de babaçu por meio do sensor OLI/Landsat 8, inferindo sobre aspectos do comportamento das bandas espectrais e o índice mais adequado, além de demonstrar com análise empírica a relação de dependência entre a palmeira babaçu e as áreas com presença de pasto e vegetação de Cerrado, algo já discutido na comunidade botânica, mas pouco discutido quanto à forma remota corroborando assim com manutenção das hipóteses presente nos estudos botânicos da *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. Foram analisadas amostras de pixels das imagens processadas do sensor OLI/Landsat 8 no município de Babaçulândia, norte do Estado de Tocantins, e verificou-se que o melhor índice para esta análise é o NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*) utilizando a banda 6, por ser mais sensível à vegetação, onde a presença de umidade é maior. Essa constatação serve de subsídio para estudos de mapeamento do babaçu com dados Landsat8.

Palavras-chave: Babaçu; *Normalized Difference Moisture Index* - NDMI; Cerrado

Abstract: The *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. is a palm tree that has industrial importance in the extraction of its oil and has been used for centuries by traditional populations as a source of food and material for building houses and energy. It is present in South America, mainly in disturbed areas, and can be found isolated or massive, characterizing an ecosystem formation called babaçual. There is a need to identify and map these ecosystems in Brazil, and remote sensing techniques, especially the spectral bands for the definition of vegetation indices, have provided great assistance in this research. There are many such indexes and each one is suitable for a particular vegetation type and is sensitive to structures that involve greater or lesser reflectance, depending on the structural composition of the analyzed plant species. This study proposes the analysis of different vegetation indices that contribute to the identification of babaçuais, inferring on aspects of the behavior of the spectral bands and the most adequate index, besides demonstrating the relationship of dependence between the babassu palm and the areas with Presence of pasture and Cerrado vegetation. Plasma samples from the OLI / Landsat 8 sensor images were analyzed in the city of Babaçulândia, northern Tocantins State in Brazil, and it was verified that the best index for this analysis is the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) because it is more sensitive to Vegetation, where the presence of moisture is greater. This finding serves as a basis for mapping studies of babassu with Landsat data.

Keywords: Palm Babaçu, NDMI, Cerrado.

¹ Dr. em Geociências Aplicadas pela Universidade de Brasília- UnB (2014). É Professor Adjunto da Universidade do Estado da Bahia, leciona disciplinas de Cartografia, SIG e Sensoriamento Remoto. É coordenador do Laboratório de Cartografia Digital e Sensoriamento Remoto (LACARD) campus XI, e líder do grupo de pesquisa em ambiente e sustentabilidade dos biomas da Bahia (GASB).

INTRODUÇÃO

Um dos tipos de vegetação de importância industrial e necessidade de mapeamento é o babaçu. O babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) é uma palmeira que possui importância na extração de seu óleo e é utilizada há séculos por populações tradicionais na medicina, alimentação, artesanato, construção de casas e geração de energia. Todas as suas partes apresentam potencial de uso (LIMA et al., 2003; LORENZI et al., 2004; CORRÊA et al., 2010).

Essa palmeira está presente na América do Sul, principalmente em áreas perturbadas na Bolívia, nas Guianas, no Suriname e no Brasil, onde ocupa regiões do centro-oeste, norte e regiões isoladas do nordeste do país. Comumente ocorre em áreas de Cerrado, Mata Atlântica e zonas semiáridas (ALMEIDA et al., 2002; LORENZI et al., 2004).

O babaçu é uma espécie pioneira e dominante, com elevada densidade de espécies em áreas degradadas e elevado grau de polimorfismo. A abundância dessa palmeira em ambientes florestais está associada provavelmente pela sua capacidade de sobreviver a predadores de sementes. As sementes do babaçu estão contidas em um fruto com 5 cm de espessura que requer mais de 5 toneladas de pressão para rompê-la e há poucos mamíferos capazes de penetrar essa estrutura. Sua germinação ocorre em cerca de três meses, seu crescimento é extremamente lento. Apesar de ser pioneira, a espécie tolera sombra e cresce no sub-bosque, podendo levar mais de 70 anos para começar a reproduzir. O babaçu consegue sobreviver aos seus concorrentes e sua presença na paisagem pode ser indicativa da presença de atividades antrópicas no ambiente (HECHT et al., 1988).

A espécie coloniza agressivamente antigas formações florestais desmatadas e resiste ao fogo moderado, que faz sucumbir outras espécies arbóreas (EITEN, 1994; RIBEIRO ; WALTER, 2008). Áreas de florestas tropicais têm sido desflorestadas principalmente para exploração madeireira e atividades agropastoris, e o corte e a queima são os processos mais utilizados no desflorestamento. Nesse contexto o babaçu é favorecido, especialmente com a prática de queimas sucessivas que quebra a dormência do coco (MAPA 2012).

O grande sucesso da palmeira, no entanto, não se deve apenas à sua adaptação ao corte e à queima, mas também à sua grande força competitiva em solos inférteis e ao extrativismo que poupa palmeiras adultas produtivas (MUNIZ 2004). Em áreas antropizadas o período de regeneração é longo e, quando há presença de babaçuais, essas áreas se estabilizam em um patamar menor de biomassa e biodiversidade (ca. 150 t.ha⁻¹), quando comparado a áreas sem intervenção antrópica (ca. 290 a 495 t.ha⁻¹) (ANDERSON et al., 1991).

Paisagens dominadas por babaçu são caracterizadas em imagens orbitais por apresentarem manchas escuras, mais sombreadas, devido à sua arquitetura e morfologia foliar. Sabe-se que o sensoriamento remoto, através de imagens orbitais e técnicas de processamento dessas imagens, é uma ferramenta valiosa para mapeamento, monitoramento e caracterização de áreas de babaçu (THALES 2001), no entanto, o sensoriamento remoto tem desenvolvido novas ferramentas na busca de respostas para discriminar e mapear a vegetação, e os índices de vegetação vêm sendo aplicados com êxito nessa busca. Esses índices se preocupam com as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do vermelho e infravermelho próximo e identificam parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, densidade e área foliar. Os índices de vegetação podem ainda diminuir os efeitos de iluminação da cena devido à declividade da superfície e à geometria de aquisição que influenciam os valores de reflectância (PONZONI ; SHIMABOKURO, 2009).

Índices de vegetação podem ser desenvolvidos por razões entre a diferença e a soma, e pela combinação linear das bandas espectrais. Portanto, a aritmética de bandas aumenta o sinal da vegetação com a atenuação da irradiação solar e o efeito de background do solo. Isso ocorre pela reflexão da radiação nas regiões do vermelho e infravermelho próximo, devido à atividade fotossintética da vegetação (JACKSON ; HUETE, 1991).

Esse fato decorre da densidade da cobertura vegetal que é observada nas regiões do visível e do infravermelho próximo. Quanto maior a densidade da cobertura vegetal, menor será a reflectância na região do visível, devido a maior disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes. E na região do infravermelho próximo, quanto maior for o espalhamento múltiplo da radiação nas camadas da vegetação, maior será a reflectância (PONZONI ; SHIMABUKURO, 2009).

Na literatura, são apresentados muitos índices de vegetação e vários são redundantes devido à sua funcionalidade e equivalência quanto ao conteúdo (JENSEN 2009), assim, é importante a revisão de alguns desses índices, que podem contribuir na indicação da cobertura de vegetação, no Índice de Área Foliar (IAF), no teor de clorofila, na biomassa verde e na radiação fotossinteticamente absorvida. Além disso, é necessária a definição de índices específicos para cada objetivo de pesquisa.

A indicação de uso de imagens de satélite georreferenciadas não possui nenhuma orientação metodológica para o mapeamento, e em estudos realizados em palmeirais (p. ex. os babaçuais) o sensoriamento remoto é um eficiente método de monitoramento da vegetação, mesmo tendo em vista os aspectos geométricos das folhas das palmeiras e condições de saturação da reflectância em feições de vegetação (TENG et al., 2015).

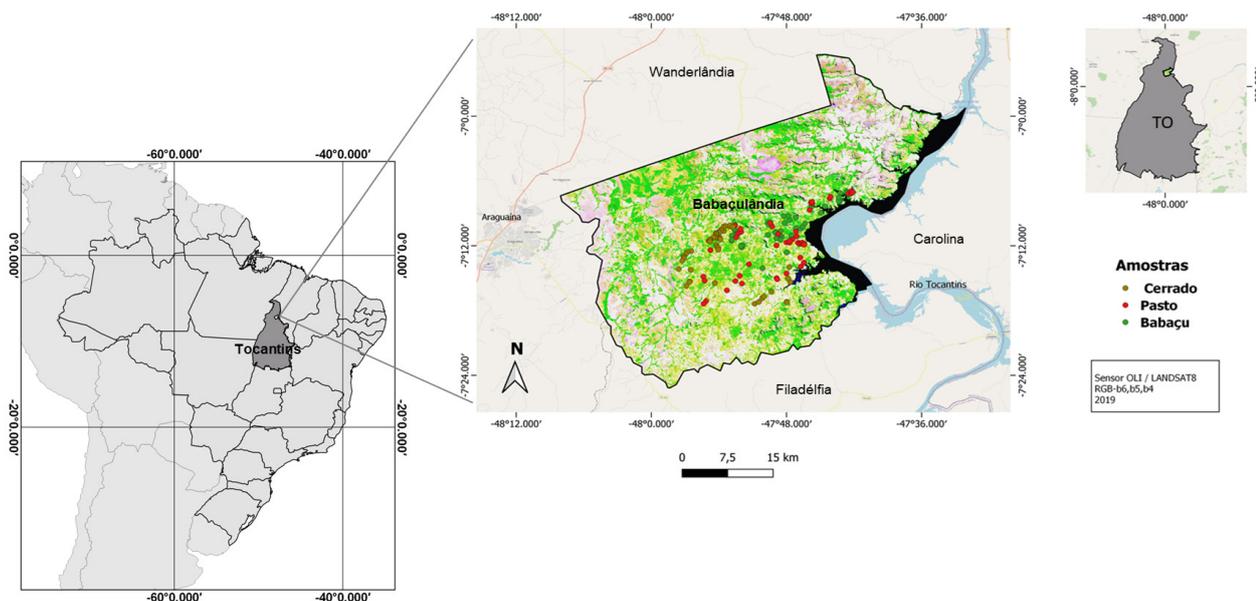
Este trabalho visa, portanto, analisar as relações entre as classes “cerrado” e “pastagem”, indicadoras da presença de babaçuais, assim como investigar o comportamento espectral dessas duas classes a partir de índices de vegetação, com o intuito de entender melhor o comportamento espectral do babaçu como possibilidade de mapeamento de áreas com babaçuais.

1.1 Localização e Caracterização da área de estudo

O município de Babaçulândia se encontra entre as coordenadas 07°12'17" Sul e 47°45'25" Oeste, no Estado do Tocantins. Segundo a Secretária do Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins - SEPLAN (2005) o município possui área territorial de 1.788 km² (Fig.1).

A área de estudo apresenta solos podzólicos, com variações de latossolo vermelho e amarelo, solos argilosos arenosos e solos hidromórficos. A vegetação varia de campo rupestre a cerrado, com a presença de babaçus na transição entre a floresta tropical úmida mais ao norte da área de estudo, próximo a fronteira com o estado do Pará, e o bioma Cerrado (SEPLAN, 2005).

Figura 1. Localização da área de estudo e pontos amostrais das classes Cerrado, Pastagem e Babaçual.



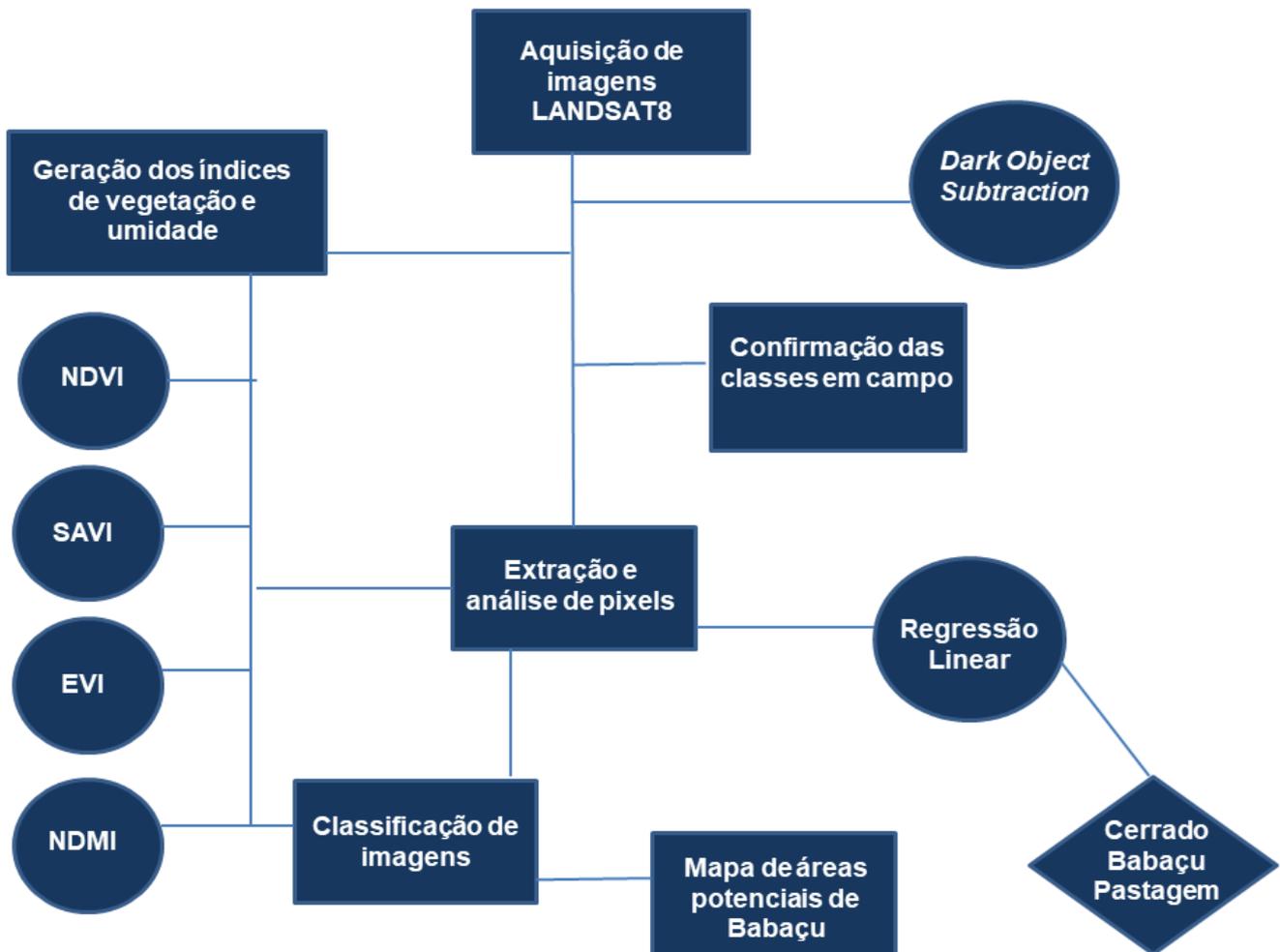
2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processamento e Interpretação das imagens

As etapas da metodologia adotada (Fig. 02) constituiu primeiramente na interpretação preliminar das imagens do sensor TM/Landsat 8, que foi feita com base em 50 pontos de cada classe de análise, nas áreas ocupadas por babaçuais, cerrado e pastagem. Os pontos coletados foram utilizados para a interpretação das imagens e posteriormente na definição de amostras de pixels (Fig. 01).

As imagens foram adquiridas no site do *United States Geological Survey* (USGS) por meio do catálogo de imagens Landsat 8TM, órbita 222, ponto 64, na data 01/03/2016, esse período foi escolhido por apresentar menor quantidade de nuvens.

Figura 2 – Organograma da metodologia adotada na pesquisa.



O satélite Landsat-8 lançado em 2013, possui melhorias em relação aos seus antecessores quanto à resolução espectral, possui oito bandas espectrais e ocupa órbita polar e posição heliosíncrona com altitude aproximadamente 705 km, sua faixa de imageamento é de 170 km norte-sul por 185 km leste-oeste e resolução temporal de aproximadamente 16 dias. A bordo do LANDSAT8 estão os sensores *Operational Land Imager* (OLI) e o *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), sendo que a resolução espacial é de 30 metros para as bandas do visível, 15 metros para a banda pancromática e 100 metros para as bandas termais (USGS, 2019).

Para a pesquisa, foi utilizado o sensor OLI nas regiões do visível e do infravermelho entre as bandas 1 a 7, essas bandas são utilizadas para aplicação no processamento de transformações para estudos da vegetação, como os índices de vegetação (ROY et al., 2016; KE Y. et al., 2016.)

Para a correção atmosférica, utilizou-se o DOS (*Dark Object Subtraction*), técnica proposta por Chavez (1988) para correção do espalhamento atmosférico, em que a interferência atmosférica é analisada diretamente a partir dos números digitais da imagem. Nesse método, há uma grande probabilidade de existir pixels escuros nas imagens, nuvens e sombras ocasionadas pela topografia, com o intuito de apresentar o número digital baixo na imagem, o que equivaleria cerca de 1% de reflectância.

Índices de vegetação

A partir de operações aritméticas foram obtidos os índices de vegetação:

Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), expresso pela seguinte equação (Eq. 1):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$

ρ_{NIR} = Infravermelho próximo

ρ_{red} = Vermelho

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) definido por (Eq.2):

$$SAVI = 2.5 \left[\frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red} + L} \right] \cdot (1+L)$$

ρ_{NIR} = Infravermelho próximo

ρ_{red} = Vermelho

L = Constante que minimiza o efeito do solo (0 a 1).

Índice de Vegetação Melhorado (EVI) (Eq. 3):

$$EVI = 2.5 \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + (6 \rho_{red} - 7.5 \rho_{blue}) + 1}$$

ρ_{NIR} = Infravermelho próximo

ρ_{red} = Vermelho

O índice de umidade, muito usado em estudos com vegetação e solos também foi obtido: NDMI (Normalized Difference Moisture Index) que é calculado por meio da seguinte equação (Eq. 4):

ρ_{NIR} = Infravermelho próximo

ρ_{mid} = Infravermelho médio

$$NDMI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{mid}}{\rho_{NIR} + \rho_{mid}}$$

Amostras de pixels

Foram gerados os gráficos de comportamento espectral das classes Babaçu, Cerrado e Pastagem, a partir das bandas espectrais do sensor OLI, do satélite Landsat TM 8.

No trabalho de campo, foram registrados pontos com coordenadas geográficas para cada uma das classes. Esses pontos foram sobrepostos na imagem de satélite e em torno de cada um deles foram coletados os valores de reflectância de 50 pixels representativos de cada classe.

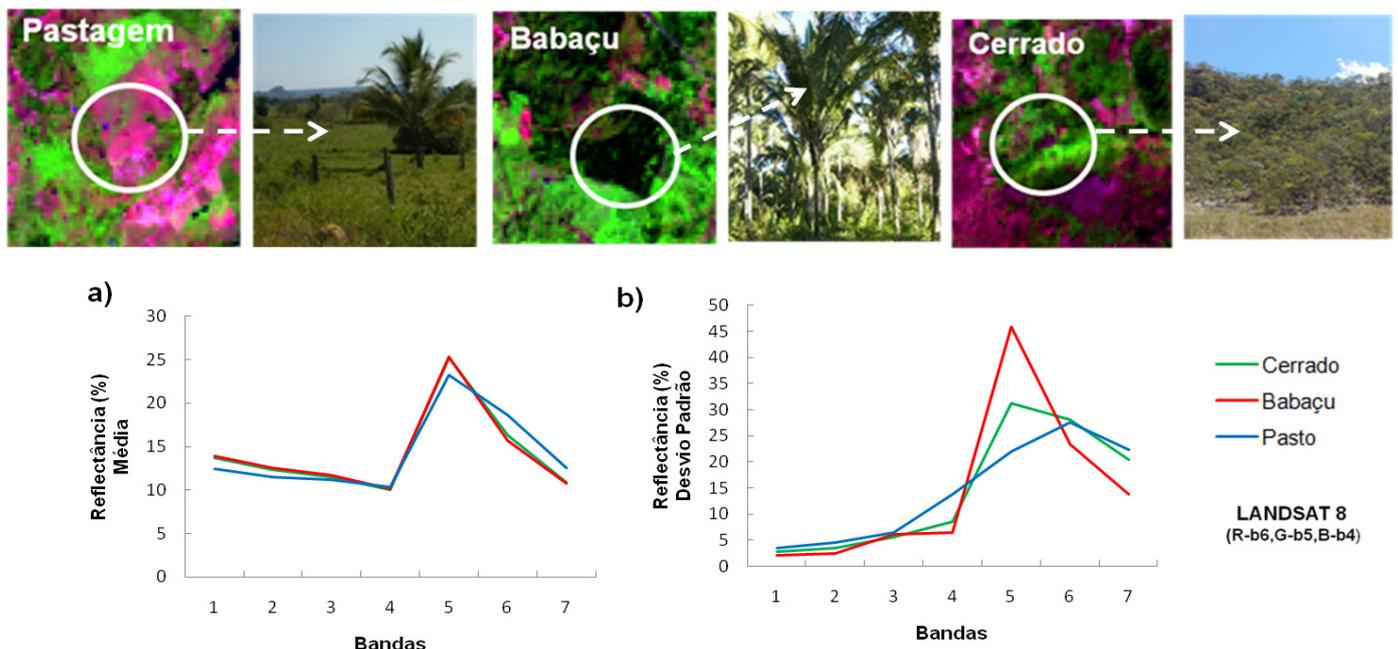
Após a coleta das amostras em campo e a sobreposição desses pontos amostrais nas imagens foram extraídos os valores dos índices de vegetação para esses pontos e aplicado o modelo de Regressão Linear Simples, resultante da coleta dos pixels, para verificar a relação de dependência entre as classes definidas como Babaçu Pastagem e Cerrado. Como os babaçuais ocorrem em áreas de alteração de vegetação nativa e desmatada, admitiu-se que as amostras das médias dos índices de vegetação, entre as áreas de pastagens e de cerrado, corresponderiam a áreas potenciais com presença de babaçus.

As amostras foram testadas para as quatro imagens resultantes dos índices de vegetação. Esse procedimento também contribuiu para verificar, dentre os índices aplicados, o que melhor se ajustaria na identificação de babaçuais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação a média do percentual da reflectância, pode-se observar que todas as três classes obtiveram comportamentos semelhantes, comprometendo a sua diferenciação. Apenas na região do infravermelho próximo (banda 5), houve uma diferenciação discreta entre Babaçu e Cerrado com relação a Pastagem. (Fig. 3a). Assim como no desvio padrão (Fig. 3b), que também no infravermelho próximo, mostra uma diferença nítida entre as três classes.

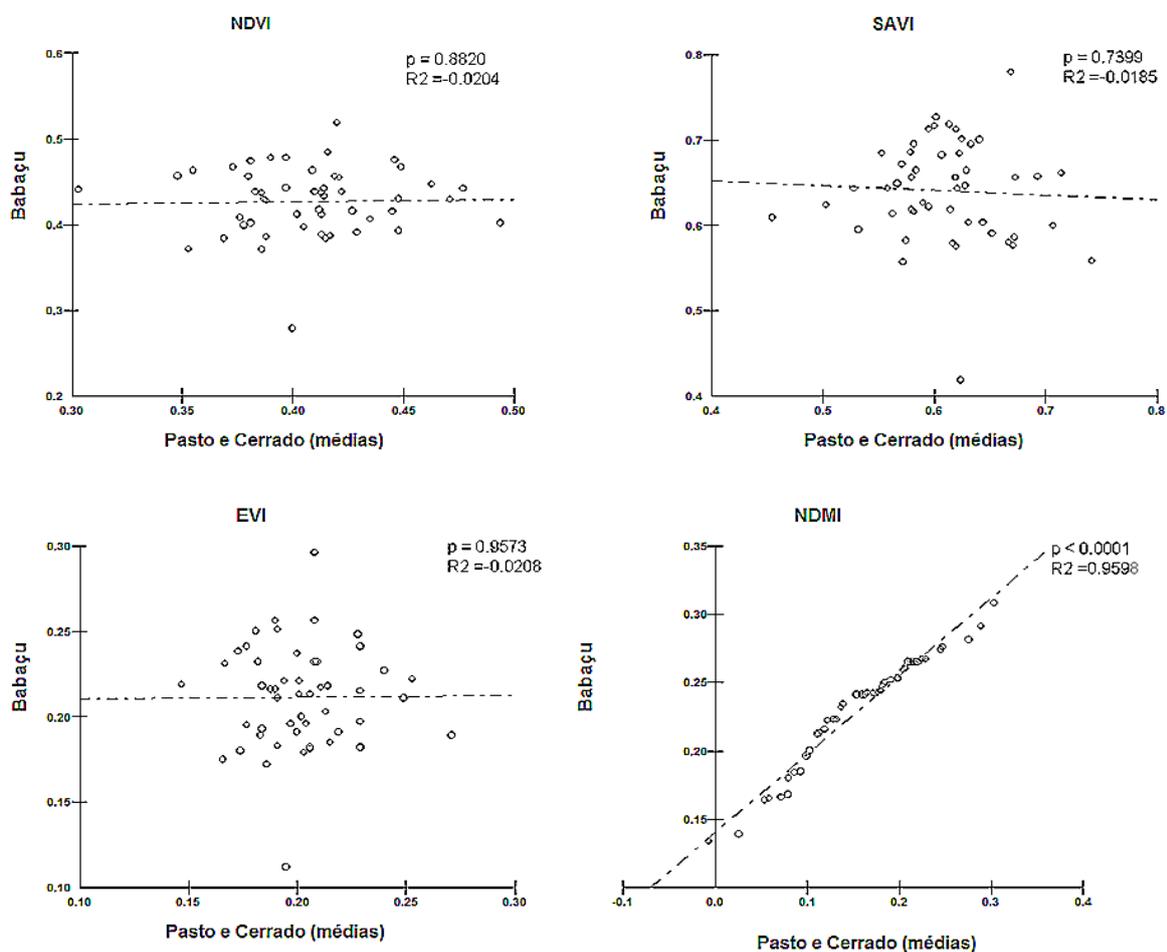
Figura 3. Comportamento espectral das classes Cerrado, Babaçu e Pastagem, Média (a) e Desvio Padrão (b).



Para os quatro índices observados, o NDMI demonstrou maior relação de dependência entre as amostras de Babaçual e as médias das amostras de Pastagem e Cerrado (Fig. 4). O valor de regressão (f) foi significativo ($p < 0.0001$), rejeitando-se a hipótese de nulidade e aceitando-se a alternativa de que os babaçuais ocupam áreas úmidas com presença de cerrado e pastagem. O coeficiente de determinação ajustado (R^2) da variável dependente (Babaçual) foi de 95,98% sendo, portanto, explicada pela variável preditiva (Pastagem e Cerrado).

O NDMI conseguiu demonstrar que o babaçu ocupa áreas com maior umidade, devido a sua capacidade de identificar vegetação úmida. O NDMI pode indicar a presença de umidade no solo e na vegetação, contribuindo para identificar contrastes entre os diferentes tipos de vegetação e alterações na paisagem (HARDISKY et al., 1983). Diferente dos demais índices utilizados na pesquisa, que utilizam a faixa do vermelho na região do visível, o NDMI utiliza a faixa do infravermelho médio (entre 1.57μ e 1.65μ) do sensor *Operational Land Imager - OLI* (ROY, 2015), essa faixa demonstra maior absorção e faixa espectral sensível ao teor de umidade das plantas (entre 1.3μ a 2.0μ). Essas características tendem a apresentar bons resultados para parâmetros biofísicos de ecossistemas bem drenados como os babaçuais que ocorrem em fundo de vales (HECHT et al., 1988).

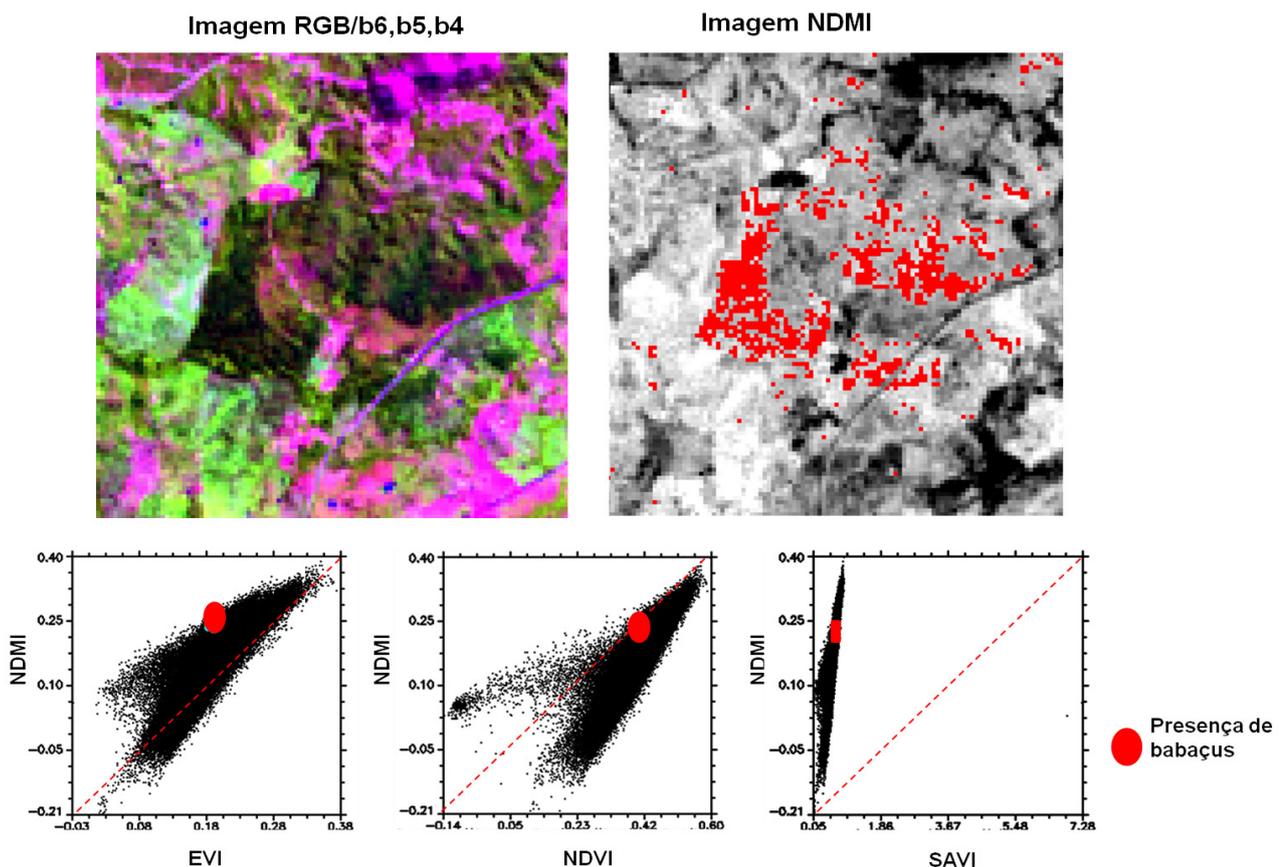
Figura 4. Regressão linear entre as amostras das classes Babaçual e média das classes de Cerrado e Pastagem para os índices NDVI, EVI, SAVI e NDMI.



Na figura 4, são apresentados o recorte da área de estudo com ocorrência de babaçuais, nas imagens OLI RGB/b6,b5,b4 e NDMI, e os gráficos de dispersão entre as as imagens resultantes dos demais índices e imagem NDMI, verifica-se que o melhor ajuste da dispersão é do EVI visto que melhora o sinal da vegetação, a partir da redução da influência do sinal da atmosfera e do solo, principalmente em áreas com maiores densidades de biomassa (JENSEN 2009).

Já o NDVI, que é um dos índices mais utilizados devido à sua simplicidade e sensibilidade à densidade de cobertura vegetal, mostrou-se mais disperso, no entanto, estudos demonstram que os produtos de dimensão global, como o NDVI, derivados empiricamente por dados dos sensores AVHRR, MSS/Landsat e HRV/Spot, podem ser instáveis, variando com a cor do solo, condições de umidade e atmosfera e com os efeitos da refletância bidirecional (HUET et al., 1997; HUET et al., 2004; JENSEN 2009). De acordo com Gao (1996), os valores de NDVI, entre aproximadamente 0,55 e 0,62, aumentam linearmente com o NDMI, porém, quando o primeiro atinge cerca de 0,63 ambos se tornam constantes, demonstrando que os valores de NDVI saturam enquanto os valores de NDMI permanecem sensíveis à vegetação úmida verde.

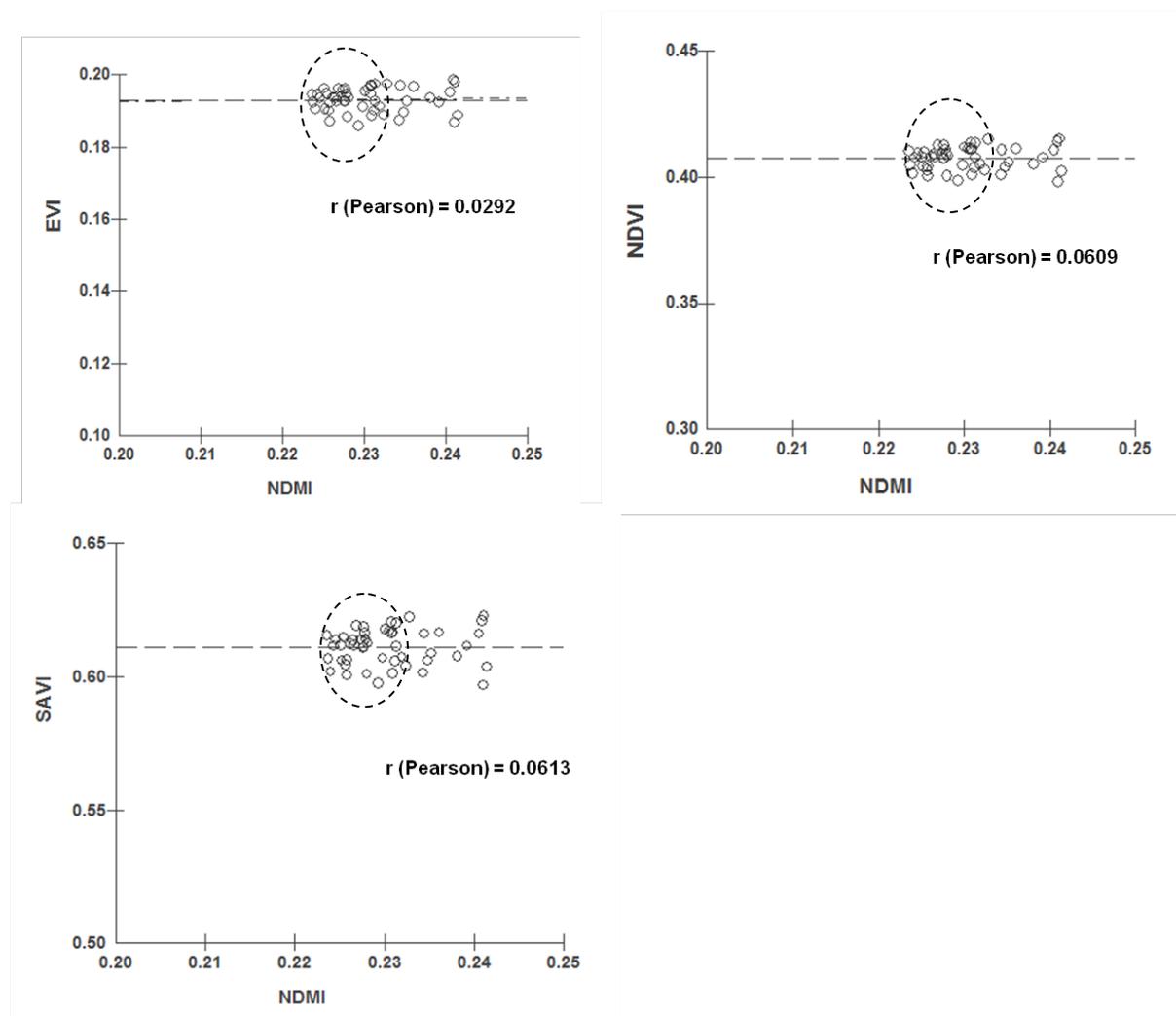
Figura 4. Dispersão entre os índices de vegetação (EVI, NDVI, SAVI) e o NDMI em recorte da área com presença de babaçus (detalhe em vermelho).



Segundo Huete (1988), o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) foi desenvolvido para minimizar o efeito do solo no seu valor final. O SAVI pode ser obtido a partir de uma constante L que pode corresponder a valores de densidades altas de vegetação ($L = 0,25$), densidades médias ($L = 0,5$) e densidades baixas de vegetação ($L = 1$). No estudo, considerou-se a densidade média devido à presença do cerrado, mas sua detecção da influência de umidade no

solo da vegetação se mostra com valores muito baixos na dispersão com NDMI, como verificado na Figura 3. Na imagem NDMI, foram identificadas as regiões de interesse em áreas com presença de babaçus, representados no gráfico de dispersão por círculos vermelhos (Fig. 4), sendo a média dos valores de NDMI em torno de 0.240.

Figura 5. Correlação entre os índices EVI, NDVI e SAVI com o NDMI em áreas de ocorrência de babaçus.



Foi constatado que a correlação entre os índices de vegetação (EVI, NDVI e SAVI) e o NDMI para as amostras de babaçu é baixa ocorrendo maior saturação para os índices em áreas onde ocorrem babaçus, demonstrando a diferenciação entre esses índices e descartando a similaridade na identificação de classes que contenham babaçus (Fig. 5).

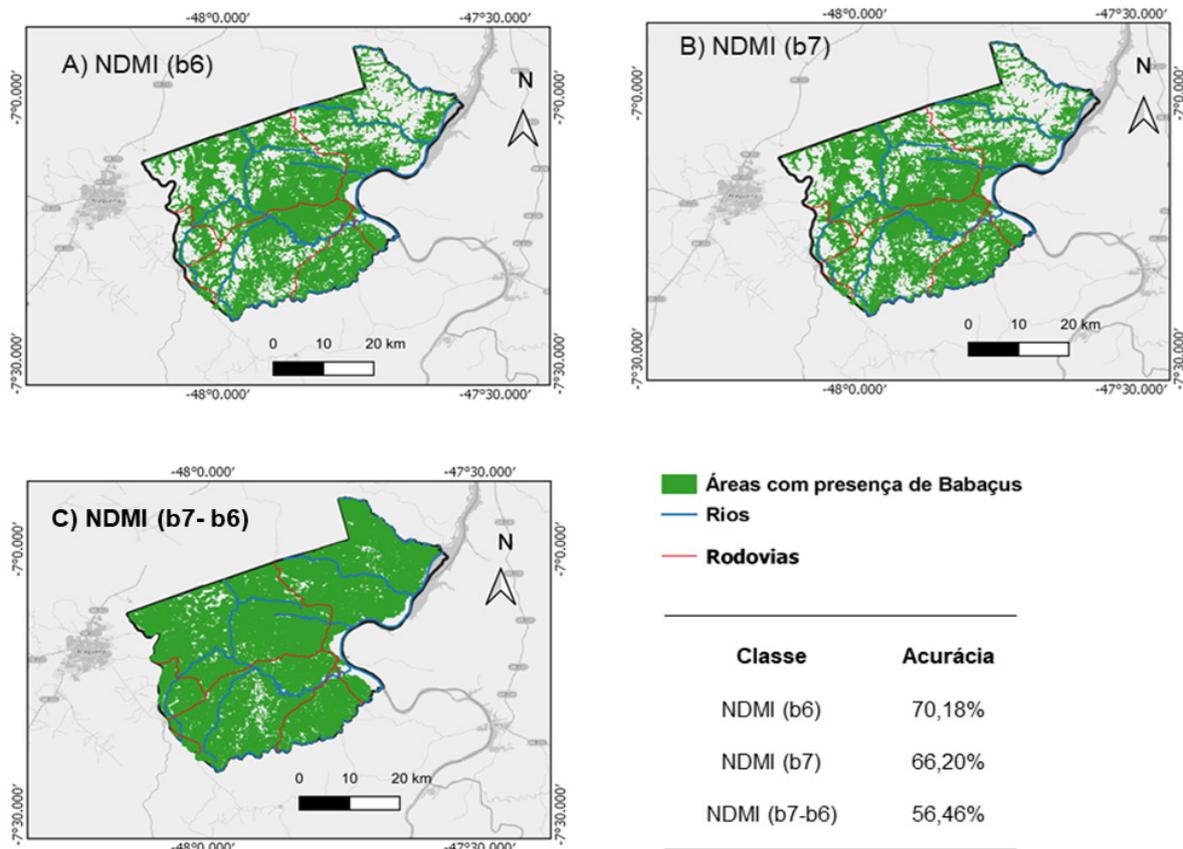
Diferentemente de seus antecessores, os satélites landsat5 e Landsat7, o sensor OLI do Landsat8 possui duas bandas no infravermelho médio. Esses dois intervalos foram então testados no índice NDMI a banda 6 (1.57-1.65 μ m) e a banda 7 (2.11-2.29 μ m). Também foi testado o intervalo da subtração entre as duas bandas do indravermelho médio (b7-b6) na tentativa de testar um intervalo que fosse mais adequado ao mapeamento de babaçus.

Após a identificação do melhor índice para identificar áreas de babaçus, o NDMI, foi analisado, por regiões de interesse nas áreas de ocorrência de Babaçu e extraído, os valores médios , mínimos e máximos na imagem NDMI para aplicar uma classificação por fatiamento.

Constatou-se que o intervalo entre 0.386 e 0.425 do índice apresentou o melhor resultado para classificação onde há presença de babaçus.

Das três classificações analisadas com as diferentes bandas, a que apresentou melhor acurácia na presença de áreas com babaçus foi o índice NDMI que utilizou a banda do infravermelho médio da banda 6 (1.57-1.65 μ m) (Fig. 6).

Figura. 6 Áreas potenciais de ocorrência de babaçus a partir da classificação das imagens A) NDMI com a banda 6, B) NDMI com a banda 7 e NDMI com a imagem da diferença entre as bandas 7 e 6.



CONCLUSÃO

Na literatura, botânica já se conhecia a relação de propagação de babaçus em áreas desmatadas em fundo de vales e sua relação entre áreas de pastagens e vegetação nativa de Cerrado, porém, a presente pesquisa demonstrou essa relação empírica a partir da observação espectral dos babaçuais.

O sensor OLI da série LANDSAT na banda do infravermelho médio especificamente no intervalo da banda 6 (1.57-1.65 μ m) possibilitou maiores possibilidades de estudos da vegetação associados à presença de umidade, como são os babaçuais, com capacidade de produtos cartográficos de média escala. Dentre os índices de vegetação propostos para a análise com o sensor OLI, o NDMI apresentou resultado positivo para o mapeamento de áreas potenciais de presença de babaçu, visto que os demais índices saturam os valores de suas amostras enquanto o NDMI continua apresentando maiores valores na identificação de babaçuais.

Entender o comportamento espectral do babaçu e sua consequentemente relação ambiental com o cerrado e as áreas de pastagem amplia-se as possibilidades de conservação da espécie por monitoramento remoto, ferramenta imprescindível para os gestores nas políticas públicas de economias locais sustentáveis e valorização de atividades como as das quebraadeiras de côco da região norte e nordeste do país, assim como o aumento da capacidade de exploração do Biodiesel, subproduto do Babaçu como combustível alternativo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, C. H. S. D.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. *Bioresource Technology*, v. 85, p.159–163, 2002.

ANDERSON, A.; MAY, P.; BALICK, M. The subsidy from nature: palm forests, peasantry, and development on an Amazon frontier. New York: Columbia University Press, 1991. p. 233.

CHAVEZ, Jr. P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction for multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v.24, p.459-479, 1988.

CORRÊA, D. A. G.; LIN C.; VASQUES, M. P. Manejo de fibras vegetais utilizadas em artesanatos por comunidades tradicionais do parque estadual e turístico do Alto Ribeira, e seu entorno, Iporanga, SP. In: SILVA, V. A. da; ALMEIDA, A. L. S. de; ALBUQUERQUE, U. P. *Etnobiologia e Et-noecologia: Pessoas & natureza na América Latina*. 1ª ed. Recife: Nupeea, 2010.

EITEN. G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N. (ed) *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. Brasília, Editora UnB, p. 17-7, 1994.

GAO, B.C. NDWI A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water From Space. *Remote Sensing of Environment*, New York, NY, v.58, 257-266, 1996.

HARDISKY, M. A.; KLEMAS V.; SMART R. M. The influence of soil-salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.49, p.77 – 83, 1983.

HECHT, S. B.; ANDERSON, A. B., MAY, P. The Subsidy from Nature Shifting Cultivation, Successional Palm Forests, and Rural Development, *Human Organization*, v.47, p. 25-35, 1988

HUETE, A. R. A Soil-adjusted Vegetation Index (SAVI), *Remote Sensing of Environment*, v. 25, p.295-309, 1988.

HUETE, A. R.; LIU, H. Q.; BATCHILY, K.; VANLEEUEWEN, W. A comparacion of vegetation indices over a global set of TM Images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59, 1997. 440-451.

HUETE, A.; RATANA, P. Seasonal Dynamics of Native Converted Cerrado Physionomies with MODIS Data. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium: Proceedings Science for Society Exploring and Managing a Changing Planet*. [S.l.]: IGARSS. 2004.

JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. *Preventive Veterinary Medicine*, Amsterdam, v.11, p. 185-200, 1991.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. São José dos Campos: Parênteses, 2009, 598 p.

KE Y.; IM J.; PARK S.; GONG H. Downscaling of MODIS One Kilometer Evapotranspiration Using Landsat-8 Data and Machine Learning Approaches. *Remote Sensing*, v.8, n.215, 2016.

LIMA, E. S. FELFILI, J. M.; MARIMON, B. S.; SCARIOT, A. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central – DF, *Revista Brasil. Bot.*, v.26, n.3, p.361-370, 2003.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C. de; FERREIRA, E. *Palmeiras Brasileiras Exóticas e Cultivadas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Diretrizes técnicas para boas práticas de manejo florestal não madeireiro da palmeira babaçu*. Brasília, DF, 2012.

MUNIZ, F. H. A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste, diversidade e estrutura. In: MOURA, E.G. de (Coord.). *Agroambientes de transição entre o trópico úmido e semi-árido do Brasil: atributos, alterações, uso na produção familiar*. São Luís: UEMA, p. 53-69, 2004.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. P.p. 151-212. In: S.M. Sano; S.P. Almeida e J.F. Ribeiro (eds). *Cerrado: Ecologia e Flora*. v.2. Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 2008.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. *Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação*. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

ROY, D.P.; KOVALSKYY, V.; ZHANG, H.K.; VERMOTE, E.F.; YAN, L.; KUMAR, S.S.; EGOROV, A. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength

and normalized difference vegetation index continuity. *Remote Sensing of Environment*, v. 185, p. 57–70, 2016.

SEPLAN. Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. 4 ed. rev. atu. Palmas: Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente, 2005.

TENG, K. C.; KOAY, J. Y.; TEY, H. S.; LIM, K. S.; EWE, H. T.; CHUAH, H. T. A Dense Medium Microwave Backscattering Model for the Remote Sensing of Oil Palm. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 53, no. 6, 2015.

THALES, M.C. Imagem fração sombra na caracterização e mapeamento de babaçu (*Attalea speciosa* Mart ex Spreng.) em áreas de floresta. Dissertação de Mestrado. INPE, São José dos Campos, 2001.

USGS (2019). Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, 2019, LSDS-1574, version 4.0. Sioux Falls, USA:USGS,EROS.Disponível em <https://prd-wret.s3-us-west2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/LSDS1574_L8_Data_Users_Handbook_v4.0.pdf> Acesso em 11 junho 2019.