

**ANÁLISE DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS DE OCORRÊNCIA DE ATTALEA SPECIOSA MART. EX SPRENG.****ANALYSIS OF VEGETATION INDICES FOR CLASSIFICATION OF POTENTIAL AREAS OF OCCURRENCE OF ATTALEA SPECIOSA MART. EX SPRENG.**Bruno Leonardo Gonçalves e Castro<sup>1</sup>Juliana Silvestre Silva<sup>2</sup>**RESUMO**

O babaçu é uma palmeira que possui múltiplas possibilidades de uso na indústria, principalmente nos setores de cosméticos e biocombustíveis, além de estar presente na culinária e no comércio de artesanatos. A espécie está ocorrendo na América do Sul, e no Brasil é bastante comum em Estados como o Maranhão e o Tocantins, locais onde o extrativismo por comunidades tradicionais deposita nessa atividade uma constante luta para sua sobrevivência financeira. Sendo assim, verifica-se a necessidade de identificação e mapeamento dos babaçuais, aprimorando e fornecendo às políticas públicas sustentáveis técnicas eficazes para o mapeamento desta fitofisionomia. A presente pesquisa avaliou diferentes índices de vegetação com o intuito de verificar o mais adequado na identificação de babaçuais, por meio dos seus respectivos valores de biomassa. O babaçu é caracterizado por colonizar antigas formações florestais desmatadas e a hipótese analisada é de que é possível identificar essas formações utilizando dados sensores por processamento de imagens TM/Landsat 7. Para isso, foram analisadas amostras de pixels da cena do município de Babaçulândia - TO, onde há grande presença de babaçuais, e correlacionadas as bandas espectrais aos diferentes índices de vegetação para três classes definidas como Babaçu, Cerrado e Pastagem. O NDMI (Normalized Difference Moisture Index) foi o índice que apresentou melhor desempenho no mapeamento de babaçuais, mostrando que a presença do Babaçu converge mais para a classe Pastagem do que para as áreas definidas como Cerrado. Tal resultado ratifica informações presentes na literatura botânica e confirma a hipótese inicial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Babaçu; NDMI; Biomassa.**ABSTRACT**

The babaçu is a palm tree that has multiple possibilities for use in industry, mainly in the cosmetics and biofuels sectors, in addition to being present in cooking and in the craft trade. The species is present in South America, and in Brazil it is quite common in States like

<sup>1</sup> Docente no curso de Geografia da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) Doutor em Geociências pela Universidade de Brasília (UnB). [bcastro@uneb.br](mailto:bcastro@uneb.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-5297>

<sup>2</sup> Doutora em Botânica pela Universidade de Brasília (UnB). [julay\\_silvestre@yahoo.com.br](mailto:julay_silvestre@yahoo.com.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4051-7536>

Maranhão and Tocantins, places where traditional communities depend on extractive activity for their financial survival. Thus, there is a need for the identification and mapping of palm groves, improving and providing sustainable public policies with effective techniques for mapping this phytophysiology. The present research evaluated different vegetation indices in order to verify the most appropriate in the identification of babaçu, through their respective biomass values. Babaçu is characterized by colonizing deforested forest formations and the hypothesis analyzed is that it is possible to identify these formations using sensor data by TM/Landsat 7 image processing. For this, pixel samples of the scene in the municipality of Babaçulândia - TO were analyzed, where there is a large presence of babaçu, and the spectral bands are correlated to the different vegetation indices for three classes defined as Babaçu, Cerrado and Pastagem. The NDMI (Normalized Difference Moisture Index) was the index that showed the best performance in babaçu mapping, showing that the presence of Babaçu converges more to the Pasture class than to the areas defined as Cerrado. This result confirms information present in the botanical literature and the initial hypothesis.

**KEYWORDS:** Babaçu; NDMI; Biomass.

## INTRODUÇÃO

O estudo da vegetação, por meio do sensoriamento remoto, tem grande preocupação quanto à investigação da biomassa e da devastação das florestas e ao uso e ocupação de biomas pelos mais diversos tipos de atividades antrópicas. Além disso, é visível a vocação do Brasil na utilização do sensoriamento remoto para o monitoramento da vegetação devido aos diversos biomas que possui e à grande extensão de seu território (FERREIRA *et al.*, 2008).

Um dos tipos de vegetação de importância industrial e consequente necessidade de mapeamento é a palmeira babaçu (*Attalea speciosa* Mart. ex Spreng.) que apresenta ampla distribuição na América do Sul, sendo encontrada principalmente na Bolívia, nas Guianas, no Suriname e no Brasil.

No Brasil, o babaçu ocupa regiões do centro-oeste (Mato Grosso), norte (Tocantins) e nordeste do país (Ceará, Pernambuco, Alagoas e Maranhão) (LORENZI *et al.*, 2004). Segundo Lorenzi *et al.* (2004), a espécie é amplamente usada, desde as folhas até as sementes, sendo o fruto potencialmente medicinal. O babaçu possui grande poder de

invasão nas áreas conturbadas, ocupando a Floresta e o Cerrado e apresentando elevado grau de polimorfismo. Sua presença parece associar-se fortemente a áreas antropizadas, onde coloniza agressivamente antigas formações florestais desmatadas (RIBEIRO e WALTER, 2008). De acordo com Eiten (1994), a espécie resiste ao fogo moderado, que faz sucumbir outras espécies arbóreas.

A abundância dessa palmeira em ambientes florestais está associada provavelmente a sua capacidade de sobreviver a predadores de sementes e persistir por períodos prolongados em sombra profunda. As sementes do babaçu estão contidas em um fruto com 5 cm de espessura, que requer mais de 5 toneladas de pressão para rompê-lo e há poucos mamíferos capazes de penetrar essa estrutura. As mulheres quebradeiras de coco que trabalham na extração do óleo presentes nessas sementes utilizam ferramentas como machados para tal tarefa. A espécie, que cresce no sub-bosque de floresta, requer cerca de três meses para germinar e seu crescimento é extremamente lento, podendo levar mais de 70 anos até chegar à idade reprodutiva. Sua expectativa de vida, no entanto, é estimada em 184 anos. Em área natural, o babaçu consegue sobreviver aos seus concorrentes e é indicativo da presença de atividades antrópicas (HECHT *et al.*, 1988).

O sensoriamento remoto tem desenvolvido ferramentas imprescindíveis na busca de respostas para discriminar a vegetação. Os índices de vegetação têm sido aplicados com êxito nesta busca, além da análise do uso e ocupação do solo, e preocupações com as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do vermelho e infravermelho próximo. Estes índices identificam parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de diminuir os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição que influenciam os valores de reflectância da vegetação (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007).

Índices de vegetação podem ser desenvolvidos por razões entre a diferença e a soma, e pela combinação linear dos dados das bandas espectrais. Os índices aumentam o sinal da vegetação com a atenuação da irradiação solar e o efeito de background do solo, devido à

reflexão da radiação nas regiões do vermelho e infravermelho próximo que ocorre em resposta à atividade fotossintética da vegetação (JACKSON, HUETE, 1991). Este fato decorre da densidade da cobertura vegetal que é observada nessas regiões espectrais, quanto mais densa for a cobertura vegetal, menor será a reflectância na região do visível, devido à 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, 2007).

Na literatura são apresentados muitos índices de vegetação com alto grau de redundância quanto à sua funcionalidade e equivalência de conteúdo (JENSEN, 2009), porém, é importante a revisão de alguns destes índices, visto que contribuem notadamente com pesquisas que têm o objetivo de indicar a porcentagem de cobertura de vegetação verde e sua biomassa, o índice de área foliar (IAF), o teor de clorofila e a radiação fotossintética absorvida. Contudo, é necessária a definição de índices específicos para cada pesquisa, ou seja, a verificação das correlações entre estes índices e os alvos pesquisados.

A indicação de uso de imagens de satélite possui pouca orientação metodológica para o mapeamento de palmeirais (p.ex. os babaçuais) utilizando índices de vegetação, 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).

Além de verificar o índice de vegetação mais adequado na identificação de babaçus, verificamos que na literatura botânica (RIBEIRO, WALTER, 2008) existe o entendimento de que os babaçuais ocorrem em áreas antropizadas, colonizadas por antigas formações florestais desmatadas, portanto, na presente pesquisa foram identificados alvos que comungam com essa hipótese da literatura botânica por dados sensores para compreender melhor o comportamento espectral do babaçu devido sua presença nos em áreas próximas a pastagens em regiões de Cerrado.

## METODOLOGIA

O município de Babaçulândia se encontra entre as coordenadas 07°12'17" Sul e 47°45'25" Oeste da região do Médio Tocantins e está inserido fisiograficamente na depressão do Araguaia-Tocantins ao Norte do Estado do Tocantins (Figura 1).

Babaçulândia apresenta uma unidade territorial de 1.788 km<sup>2</sup> (IBGE, 2006), limitado ao norte pelo município de Darcinópolis, a noroeste pelo município de Wanderlândia, a oeste pelo município de Araguaína (importante centro econômico regional), ao sul pelo município de Filadélfia e margeada pela rodovia TO-010 (SEPLAN, 2005).

O solo da região tem a presença marcante do podzólico, mas com variações de latossolo vermelho e amarelo, apresenta-se argiloso, arenoso ou hidromórfico, o que faz surgir uma fisionomia que varia do campo rupestre ao cerrado, com a presença de babaçuais na transição entre a Floresta tropical úmida e o Cerrado (SEPLAN, 2005).

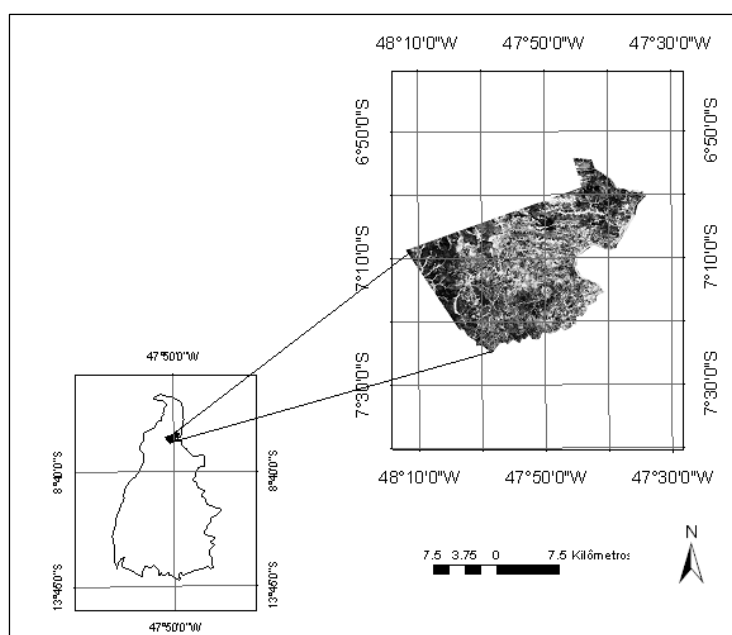


Figura 1: Localização do município de Babaçulândia, no Estado do Tocantins, Brasil.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A interpretação preliminar em imagens do sensor TM/Landsat 7 foi feita com base nas coordenadas do levantamento em campo, que correspondem à área ocupada por

babaçuais, no município de Babaçulândia-TO, e onde foram localizadas manchas de Babaçu, Cerrado e Pastagem (Figura 2).

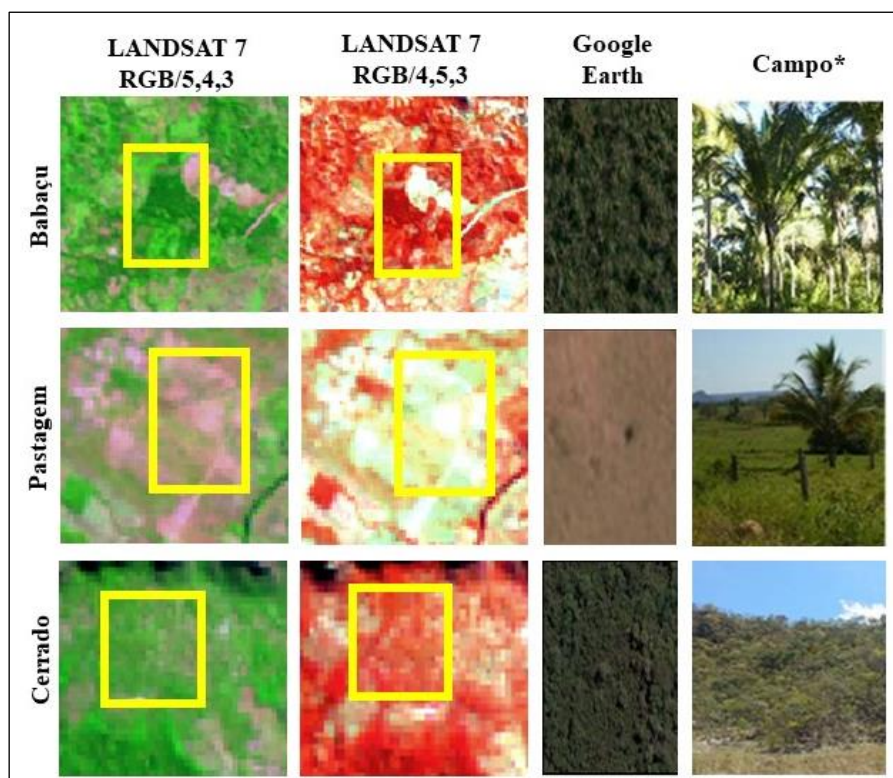


Figura 2. Chave de interpretação para as classes analisadas. \*Registros feitos durante o levantamento de campo em Babaçulândia-TO.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As imagens foram adquiridas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio do catálogo de imagens TM/Landsat 7, órbita 222, ponto 64, do período de 07/12/2010, por apresentarem menor quantidade de nuvens. Após a aquisição da imagem e interpretação preliminar, utilizaram-se as bandas 5, 4, 3/RGB e respectivas composições coloridas que correspondem à faixa do infravermelho médio, infravermelho próximo e do visível e, então, desenvolveu-se o pré-processamento da cena, aplicando-se as correções geométricas. Como base de referência foi utilizada a imagem Geocover 1992, TM/Landsat 7 que apresenta resolução espacial de 28,5 m.



Para a correção radiométrica foi utilizado o módulo Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH), que possui o código de transferência radiativa MODTRAN e possibilita a transformação dos valores digitais em valores de reflectância, baseado nos parâmetros de calibração do United States Geological Survey (USGS).

Para a confecção das imagens foram aplicados, ao todo, quatro índices de vegetação. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) (ROUSE *et al.*, 1974; PONZONI, SHIMABUKURO, 2007), por se tratar de um índice normalizado, tem valores que variam entre 1 e -1 (Equação 1). O limite inferior pode ser ligeiramente positivo ou negativo, dependendo das características do sensor, das unidades e das variáveis de entrada. O NDVI pode ser expresso pela seguinte equação:

(Equação 1)

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

$\rho_{NIR}$  = Infravermelho próximo

$\rho_{red}$  = Vermelho

Dentre os índices de vegetação, o NDVI é um dos mais utilizados, devido à sua simplicidade e sensibilidade à densidade de cobertura vegetal. Contudo, estudos demonstram que os produtos de dimensão global com o NDVI, derivados empiricamente por dados dos sensores AVHRR, MSS/Landsat e HRV/Spot, podem ser instáveis, variando com a cor do solo, as condições de umidade, os efeitos da refletância bidirecional e as condições atmosféricas, geralmente não homogêneas em grandes áreas (JENSEN, 2009).

Devido a esses problemas e à necessidade de constante calibração dos produtos, foram desenvolvidos índices melhorados, com fatores de ajuste ao solo e/ou para as condições da atmosfera. Nesse contexto surgiu o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Soil Adjusted Vegetation Index – SAVI), definido pela seguinte equação (Equação 2):

(Equação 2)

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

$\rho_{NIR}$  = Infravermelho próximo

$\rho_{red}$  = Vermelho

$L$  = Constante que minimiza o efeito da proporção do solo sobre a discriminação de classes de vegetação (0 a 1).

O SAVI foi desenvolvido para minimizar o efeito do solo no seu valor final nas imagens de reflectância decimal, porém nas imagens de mili-reflectância, atualmente muito usadas, o  $L$  pode ser escolhido entre 0 e 1000. A imagem SAVI pode ser obtida a partir de uma constante  $L$  que melhora a discriminação de classes com densidades altas de vegetação - quanto maior o valor do  $L$  melhor a discriminação, embora haja diminuição da sensibilidade. Os valores médios ( $L = 0,5$ ) são preferidos quando as classes vegetadas são as de interesse na imagem, para densidades baixas de vegetação o NDVI mostra os mesmos resultados (HUETE, 1988; PONZONI, SHIMABUKURO, 2007).

O terceiro índice - Índice de Vegetação Melhorado (Enhanced Vegetation Index – EVI), desenvolvido pelo MODIS Land Discipline Group - é um índice que otimiza a discriminação de classes da vegetação, principalmente em áreas com maiores densidades de biomassa, a partir da redução da influência dos sinais da atmosfera e do solo. Jensen (2009) o descreve como um NDVI modificado, contendo o fator de ajuste para os solos ( $L = 1$ ), dois coeficientes ( $C1 = 6$  e  $C2 = 7,5$ ) que minimizam o efeito dos aerossóis da atmosfera estimando o valor aditivo da reflectância na banda espectral do azul, e um fator de ganho ( $G = 2,5$ ) (Equação 3).



(Equação 3)

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

$\rho_{NIR}$  = Infravermelho próximo

$\rho_{red}$  = Vermelho

$\rho_{blue}$  = Azul

Feita a aplicação dos índices de vegetação, as imagens resultantes foram tratadas em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) para a análise em conjunto com os mapas obtidos através das chaves de interpretação. Assim, foram analisadas as correlações entre as bandas 5, 4 e 3 do satélite TM/Landsat 7, as bandas índices e as três classes mapeadas (Babaçu, Cerrado, Pastagem).

Para a comparação estatística, foram usados 100 pixels correspondentes a amostras georreferenciadas obtidas no levantamento de campo. Os pixels de cada imagem (NDVI, EVI e SAVI) e das bandas espectrais 5, 4 e 3 foram posteriormente estandardizados e analisados por meio de regressão linear, correlacionando as bandas em função das classes, no intuito de identificar o índice que melhor discrimina a identificação da resposta referente a cada classe.

Ao verificar a forte correlação entre as bandas 4 e 5 com o NDVI, aplicou-se o quarto índice, o NDMI (Normalized Difference Moisture Index), capaz de discriminar diferenças de umidade no solo e na vegetação, contribuindo na identificação de contrastes entre os diferentes tipos vegetacionais, além das relações de alteração na paisagem (HARDISKY *et al.*, 1983). O NDMI é calculado por meio da equação abaixo (Equação 4):

(Equação 4)

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

$\rho_{NIR}$  = Infravermelho próximo

$mid$  = Infravermelho médio

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura (3) observa-se a assinatura espectral dos alvos correspondentes às regiões de interesse as classes, Babaçu, Cerrado e Pastagem. Essas classes se aproximam em valores nas bandas 4 e 5, mas na região do visível essas mesmas classes se distanciam.

As curvas espectrais do Babaçu e do Cerrado apresentam mesmas características de forma, ou seja, valores baixos nas regiões do visível e infravermelho médio e valores mais elevados na região do infravermelho próximo, o que acaba por dificultar a separação dessas classes em imagens multiespectrais.

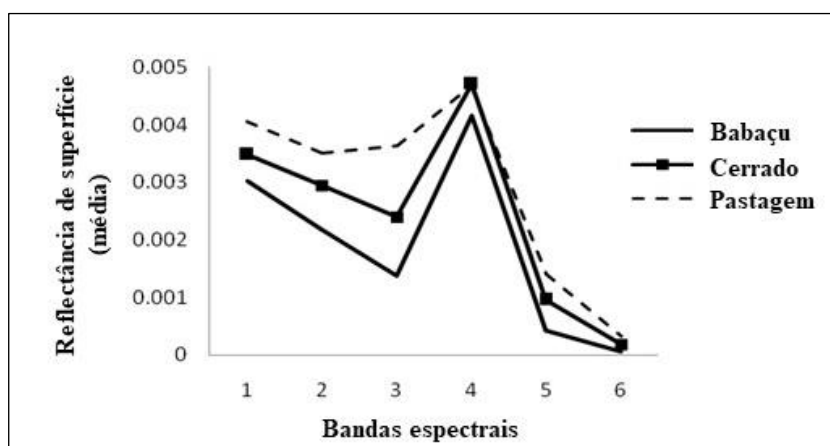


Figura 3: Comportamento espectral dos alvos Babaçu, Cerrado e Pastagem.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Ao analisar a correlação das amostras de pixels entre as três bandas estudadas, identificou-se correlação positiva das bandas 3 e 4 para as amostras de Babaçu com a classe Pastagem. Observou-se que quanto maior a frequência da presença de pixels que se referem

ao Babaçu, menor é a presença do Cerrado, o que pode ser explicado pela preferência da espécie por áreas antropizadas. Por outro lado, a banda 5 identificou correlação negativa para as classes de Cerrado e Pastagem, indicando que as bandas do infravermelho e do vermelho são mais apropriadas na identificação dessas áreas.

Quanto aos índices de vegetação, todos apresentaram correlação negativa para os pixels das amostras de Babaçu na banda 3, sendo mais negativo para o NDVI. Em contrapartida, as demais bandas obtiveram correlação negativa apenas para o EVI. Essa observação inicial remeteu ao descarte da banda 3 e do índice EVI para análise, e potencializou as correlações entre as bandas 4 e 5 com os índices SAVI e NDVI (Tabela 1).

Para a classe Cerrado, houve correlação positiva apenas entre a banda 4 e os índices SAVI e NDVI. As demais correlações apresentaram-se negativas, principalmente em relação ao EVI, que obteve os menores valores (Tabela 2).

Por fim, para a classe Pastagem todas as correlações foram negativas, mostrando que os índices possuem potencial para áreas densas ou de valores medianos de densidade vegetal e resultando em uma boa identificação para esta classe (Tabela 3).

<i>Correlação</i>	<i>Babaçu</i>	<i>NDVI</i>	<i>SAVI</i>	<i>EVI</i>
<b>Babaçu / b3</b>	1,000	-0,637	-0,654	-0,943
<b>NDVI</b>	-0,637	1,000	1,000	0,776
<b>SAVI</b>	-0,654	1,000	1,000	0,789
<b>EVI</b>	-0,943	0,776	0,789	1,000
<b>Babaçu / b4</b>	1,000	0,449	0,429	-0,175
<b>NDVI</b>	0,449	1,000	1,000	0,776
<b>SAVI</b>	0,429	1,000	1,000	0,789
<b>EVI</b>	-0,175	0,776	0,789	1,000
<b>Babaçu / b5</b>	1,000	0,041	0,028	-0,351
<b>NDVI</b>	0,041	1,000	1,000	0,776
<b>SAVI</b>	0,028	1,000	1,000	0,789
<b>EVI</b>	-0,351	0,776	0,789	1,000

*Tabela 1:* Correlação entre a classe Babaçu (bandas 3, 4 e 5) e os índices de vegetação (NDVI, SAVI, EVI).

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

<i>Correlação</i>	<i>Cerrado</i>	<i>NDVI</i>	<i>EVI</i>	<i>SAVI</i>
<b>Cerrado / b3</b>	1,000	-0,594	-0,964	-0,616
<b>NDVI</b>	-0,594	1,000	0,560	1,000
<b>EVI</b>	-0,964	0,560	1,000	0,583
<b>SAVI</b>	-0,616	1,000	0,583	1,000
<b>Cerrado / b4</b>	1,000	0,480	-0,429	0,455
<b>NDVI</b>	0,480	1,000	0,557	1,000
<b>EVI</b>	-0,429	0,557	1,000	0,579
<b>SAVI</b>	0,455	1,000	0,579	1,000
<b>Cerrado / b5</b>	1,000	-0,122	-0,622	-0,141
<b>NDVI</b>	-0,122	1,000	0,557	1,000
<b>EVI</b>	-0,622	0,557	1,000	0,579
<b>SAVI</b>	-0,141	1,000	0,579	1,000

Tabela 2: Correlação entre a classe Cerrado (bandas 3, 4 e 5) e os índices de vegetação (NDVI, SAVI, EVI).  
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

<i>Correlação</i>	<i>Pastagem</i>	<i>NDVI</i>	<i>EVI</i>	<i>SAVI</i>
<b>Pastagem / b3</b>	1,000	-0,939	-0,950	-0,938
<b>NDVI</b>	-0,939	1,000	0,966	1,000
<b>EVI</b>	-0,950	0,966	1,000	0,966
<b>SAVI</b>	-0,938	1,000	0,966	1,000
<b>Pastagem / b4</b>	1,000	-0,151	-0,288	-0,150
<b>NDVI</b>	-0,151	1,000	0,966	1,000
<b>EVI</b>	-0,288	0,966	1,000	0,966
<b>SAVI</b>	-0,150	1,000	0,966	1,000
<b>Pastagem / b5</b>	1,000	-0,683	-0,708	-0,684
<b>NDVI</b>	-0,683	1,000	0,966	1,000
<b>EVI</b>	-0,708	0,966	1,000	0,966
<b>SAVI</b>	-0,684	1,000	0,966	1,000

Tabela 3: Correlação entre a classe Pastagem (bandas 3, 4 e 5) e os índices de vegetação (NDVI, SAVI, EVI).  
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Para a análise dos valores da dispersão nas imagens NDVI e NDMI foram utilizados os valores mínimos e máximos dos pixels de áreas correspondentes ao Babaçu, verificando-se que, enquanto a imagem NDVI (Figura 4b) apresentou três populações de pixels correspondentes a três misturas espectrais - uma onde as sombras são predominantes (valores baixos), outra onde a resposta da vegetação predomina, e a terceira onde o solo predomina (linha dos solos) -, o NDMI (Figura 4a) apresentou apenas as populações que concentravam valores definidos somente pelas diferenças de umidade.

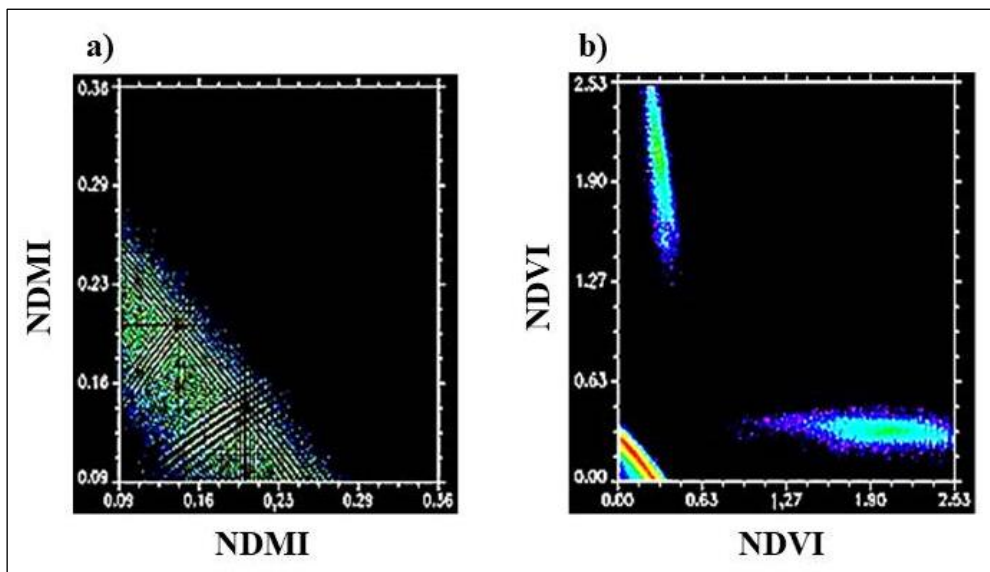


Figura 4: Dispersão das amostras de pixels; (a) NDMI com possível presença de babaçus em áreas úmidas.; (b) NDVI com ocorrência de três populações distintas (solo, vegetação e sombra).

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Por utilizar a faixa do infravermelho médio ao invés do vermelho visível, o NDMI também tende a apresentar maior correlação com parâmetros biofísicos do Babaçu, já que a mesma surge em regiões de ecossistemas bem drenados (HECHT *et al.*, 1988). Além disso, a faixa espectral do infravermelho médio no sensor TM está entre 1,550  $\mu$  e 1750  $\mu$ , região em que há absorção da radiação incidente devido à presença de água, especificamente na faixa espectral entre 1,3  $\mu$  a 2,0  $\mu$ .

As regressões lineares das amostras de Babaçu e as bandas 4 e 5 do sensor TM/Landsat 7 apresentaram uma nítida melhora do ajuste na reta com o NDMI, quando comparado ao NDVI (Figura 5).

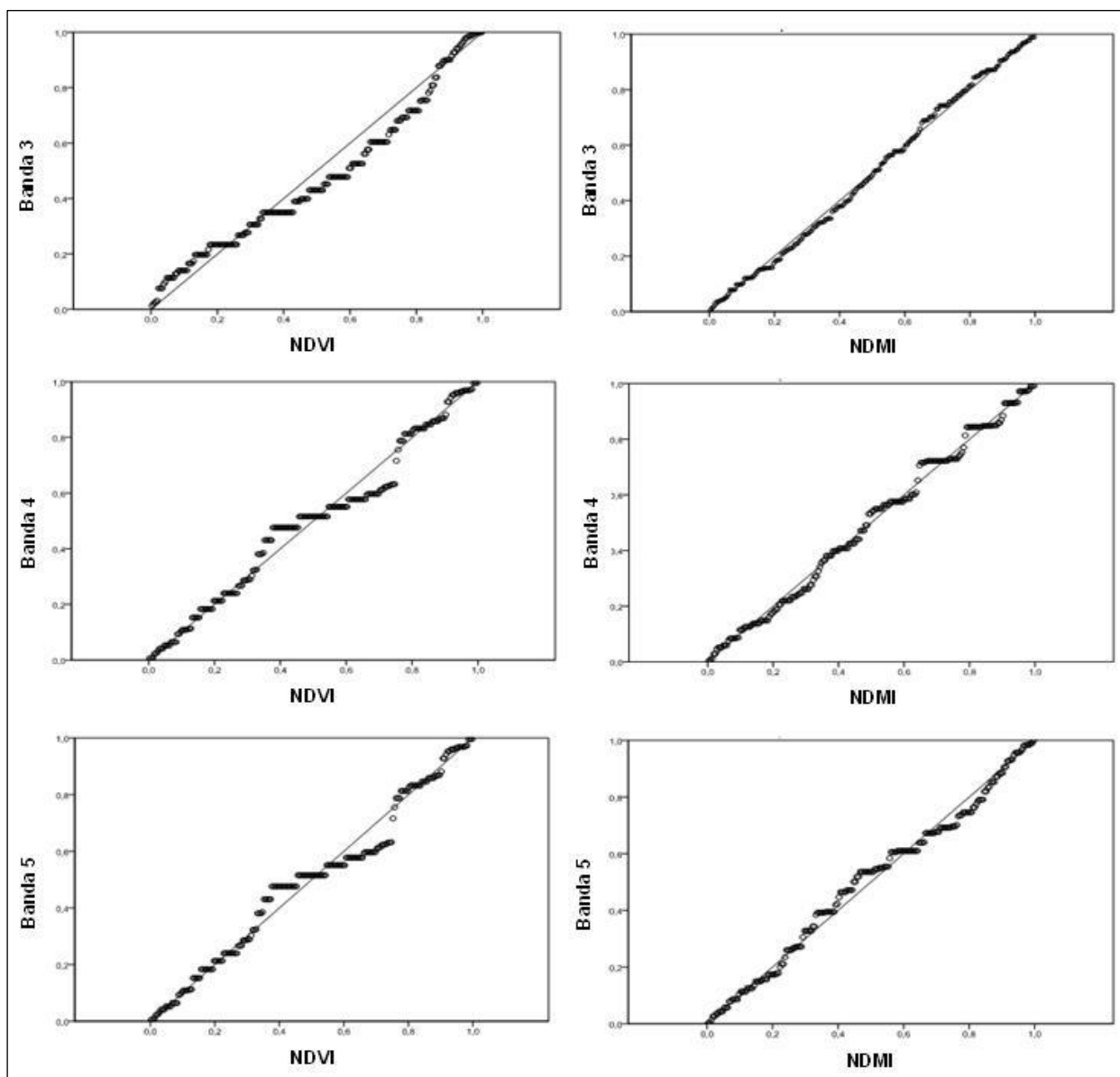


Figura 5: Regressão linear dos índices de vegetação NDVI e NDMI com as bandas 3, 4 e 5.  
 Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível demonstrar a relação das amostras de pixels dos alvos (Babaçu, Cerrado e Pastagem) e inferir que a presença do Babaçu, converge mais para a classe Pastagem do que para as áreas definidas como Cerrado, o que é uma característica do comportamento da espécie. Portanto, a pesquisa alcançou êxito em demonstrar essa característica com dados sensores, a partir das imagens NDMI do sensor TM/Landsat 7.

Deve-se destacar que o potencial do método utilizado para o estudo da vegetação com o índice NDMI (Normalized Difference Moisture Index) na identificação de fitofisionomias de palmeiras, como a *A. speciosa*, pode permitir ampliar as investigações de técnicas de mapeamento nas regiões norte e nordeste do país, além de, junto a políticas públicas sustentáveis e com o apoio técnico adequado, sistematizar e auxiliar o trabalho de comunidades tradicionais, como é o caso das quebradeiras de coco, ampliando a cadeia produtiva de óleo e biocombustível alternativos.

## REFERÊNCIAS

- EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora UnB, 1994. Cap. 1. p. 17-73.
- FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado da arte. **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, v.30, n.4. 2008. p. 379-390.
- HARDISKY, M. A.; HARDISKY, V.; KLEMAS, 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. 1983. p. 77-83.
- HECHT, S. B.; ANDERSON, A. B.; MAY, P. The subsidy from nature shifting cultivation, successional palm forests and rural development. **Human Organization**, v.47. 1988. p. 25-35.
- HUETE, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, n.3. 1988. p. 295-309.
- IBGE. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **IBGE Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 02 fev. 2006.



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

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

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.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parênteses, 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: Ecologia e Flora - v.2**. Brasília: Embrapa Cerrados/Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap. 6. p. 151-212.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In*: **Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite - 1 Symposium**. Greenbelt: NASA SP-351, 1974. p. 301-317.

SEPLAN. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. 4ed. 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, n.6, 2015. p. 3250-3259.