

**DINÂMICA ESPECTRO-TEMPORAL MODIS EM PLANTIOS DE PARICÁ  
(*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (HUBER EX. DUCKE) BARNEBY)  
ASSOCIADA A DIFERENTES CONDIÇÕES HÍDRICAS DO SOLO NA AMAZÔNIA  
BRASILEIRA**

DAIANA C.A. MONTEIRO<sup>1</sup>, CARLOS A. VETTORAZZI<sup>2</sup>, LUCIETA G. MARTORANO<sup>3</sup>,  
CARLOS T. DOS S. DIAS<sup>4</sup>, SILVIO BRIENZA JUNIOR<sup>5</sup>, LEILA S. LISBOA<sup>6</sup>, LUCIANA  
D. A. MONTEIRO<sup>7</sup>, MARCELLO N. DE MELLO<sup>8</sup>, ADRIELE GIARETTA BIASE<sup>9</sup>

1 Eng. Florestal. Mestranda em Ecologia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Fone: (0xx19) 8188-6585, monteiro.dca@gmail.com

2 Eng. Agr., Professor Dr., Associado., Escola Superior de "Agricultura Luiz de Queiroz" ESALQ/USP- Departamento de Engenharia de Biosistemas, Piracicaba, SP.

3 Agrometeorologista, Pesquisadora A. Embrapa Amazônia Oriental - Belém, PA.

4 Eng. Agr., Professor Dr. Titular. Escola Superior de "Agricultura Luiz de Queiroz" ESALQ/USP- Departamento de Ciências Exatas Engenharia de Biosistemas, Piracicaba, SP.

5 Eng. Flor., Pesquisadora A. Embrapa Amazônia Oriental - Belém, PA.

6 Matemática. Doutoranda em Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

7 Meteorologista. Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, PA.

8 Estatístico. Mestrando em Estatística, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

9 Estatística. Doutoranda em Estatística, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

**RESUMO:** As características de absorção e reflectâncias nas faixas do vermelho e infravermelho próximo em dosséis, tanto de plantios como de vegetação natural, auxiliam na identificação de respostas espectrais em diversas condições de tempo e clima. Objetivou-se avaliar o comportamento espectral em plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) nos períodos de maior e de menor oferta hídrica, em Dom Eliseu, Pa. Foram analisados dados meteorológicos, balanços hídricos (CAD=300 mm) e respostas em NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) extraídos do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). As imagens-índice referentes aos meses de janeiro a dezembro foram processadas no software Envi 4.5 e retiradas amostras com base em dados de verdade terrestre. Os dados foram analisados estatisticamente, aplicando-se teste de média e análise de perfil por meio de técnicas uni e multivariadas. Verificou-se que existe tendência no vigor do paricá, com decréscimo de 0,85 a 0,68, nos meses de maior deficiência hídrica, em nível de significância de 5 %. Conclui-se que o NDVI respondeu significativamente à condição hídrica do solo, em plantios de paricá, no Estado do Pará.

**PALAVRAS-CHAVE:** plantios florestais, comportamento espectral, deficiência hídrica.

**SPECTRO-TEMPORAL DYNAMIC OF MODIS IN PARICA PLANTATIONS  
(*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (HUBER EX. DUCKE) BARNEBY)  
ASSOCIATED TO THE DIFFERENT WATER CONDITIONS OF THE SOIL IN THE  
BRAZILIAN AMAZON**

**ABSTRACT:** The characteristics of absorption and reflectance in red and near infrared ranges in canopies, as much in plantations as in natural forest areas, aid in the identification of spectral responses under various conditions of weather and climate. This study aims to evaluate the spectral behavior in paricá plantation (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) in periods of greater and lesser precipitation, in Dom Eliseu, Pa. Meteorological data, water balance (AWC: 300 mm) and response of NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) extraction by MODIS remote sensing, have been analyzed. The image-index referring to the months of January and December have been processed through

the *Envi 4.5* software and sampled on a field verification basis. The data have been examined statistically, applying a mean test and a profile analysis, using univariate and multivariate techniques. A tendency has been found to the paricá vigor with a decrease from 0.85 to 0.68, in the months of greater water deficit, in a significance level of 5%. Therefore, we could conclude that the NDVI in parica plantations in the State of Para, responded significantly to the water conditions of the soil.

**KEYWORDS:** Forestry, spectral behavior, water deficit.

## INTRODUÇÃO

No Estado do Pará, a silvicultura de plantações vem destacando-se como alternativa para atender à demanda crescente por matéria prima de forma responsável, recompondo paisagens alteradas pela ação antrópica, e gerando emprego e renda ao meio rural e urbano. O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby), espécie nativa da Amazônia mais plantada no Brasil (ABRAF, 2012), apresenta potencial de expansão da cadeia produtiva, principalmente para a produzir laminados e derivados. Porém, para alcançar uma produção eficiente e eficaz é necessário compreender as condições edafoclimáticas das áreas de plantios, bem como conhecer aspectos silviculturais, de ecologia e de comportamento da espécie em ambientes naturais e plantios (MARTORANO *et al.*, 2011).

Neste sentido, técnicas de sensoriamento remoto empregadas em escala mundial na pesquisa florestal, podem auxiliar a identificação do comportamento espectral da espécie em áreas de plantio. A partir de dados multitemporais do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo da plataforma TERRA, com qualidade geométrica, correções atmosféricas e temporalidade, é possível avaliar respostas em áreas de reflorestamento em expansão silvicultural. Por exemplo, estudos realizados com *Eucalipus spp.* e *Pinus spp.* mostraram eficiência quanto as estimativas de biomassa e de produtividade (MAIRE *et al.*, 2011; ALVARES *et al.* 2013). Assim, usando imagens de baixa resolução espacial e alta resolução temporal MODIS, partir de dados meteorológicos e dados de experimento de campo, objetivou-se avaliar o comportamento espectral do paricá associado à condição hídrica no solo, em Dom Eliseu, no sudeste do Estado do Pará.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Dom Eliseu, município com extensão de 5.267,5 km<sup>2</sup> localizado no Estado do Pará, que apresenta plantios de paricá em escala comercial. A análise espectral da vegetação baseada no NDVI foi realizada identificando-se diferentes feições do município, entre elas os plantios de paricá. Fez-se avaliação de padrões de uso e cobertura do solo, por meio de classificação supervisionada de imagens LANDSAT, cuja verificação da exatidão da classificação ocorreu em janeiro de 2013, com índice kappa de 0,78 (MONTEIRO, 2013).

Localizou-se o quadrante do município, *Tile h13v09*, e as imagens MODIS foram selecionadas, referentes aos meses de janeiro a dezembro de 2010, totalizando 12 imagens com resolução radiométrica de 16 bits, frequência temporal de 16 dias, resolução espacial de 250 m, obtidas entre os produtos de ecossistemas terrestres (MOD13Q1) plataforma TERRA, disponibilizados pela NASA, no endereço eletrônico <https://lpdaac.usgs.gov/products>. As imagens foram reprojatadas de Sinusoidal para o sistema de coordenadas geográficas, Datum *WGS 1984*, convertidas para formato *GEOTIFF*, utilizando o aplicativo *Modis Reprojection Tool* (MRT) e restauradas de 16 bits para 8 bits para facilitar o processamento, com base na restauração do valor de reflectância para cada pixel (ARAI e FREITAS, 2007).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) foi calculado no processador de imagens *Envi 4.5*, expresso pela razão entre a diferença e a soma das medidas de reflectância nos canais do vermelho e infravermelho próximo (ROUSE

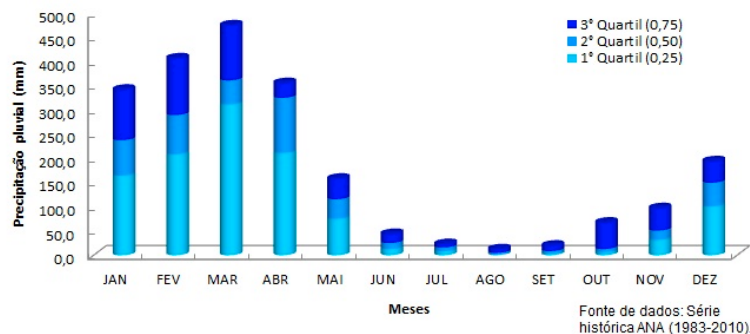
*et al.*, 1973), bandas mais significativas para avaliação de respostas da vegetação. Foram amostrados aleatoriamente plantios de paricá maiores que 6,25 hectares, selecionando, sempre que possível, os valores de NDVI na área central do talhão florestal, para evitar contaminação por pixels vizinhos, já que áreas de plantios florestais no município, geralmente, apresentam formato irregular. Da mesma forma, coletaram-se amostras em áreas de vegetação densa (remanescentes florestais) e em áreas de plantios de *Eucaliptus spp.* objetivando verificar a hipótese de igualdade entre médias, visto que são tipos de vegetação florestal no município. Também foram coletadas amostras em plantios de paricá com idades de três (3), quatro (4) e cinco (5) anos, para verificar diferenças entre idades no tempo.

Visando a identificar o perfil espectro-temporal da espécie em diferentes condições hídricas no município, utilizaram-se dados de série histórica de precipitação pluvial de 1983 a 2010, disponibilizados pela ANA - Agência Nacional das Águas, bem como utilizado o mapa deficiência hídrica mensal, em escala de 3 km x 3 km, considerando a capacidade disponível de água no solo de 300 mm (MARTORANO *et al.*, 2011).

Os dados foram organizados em planilhas eletrônicas, submetidos à Análise de Variância e ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0,05$ ), quando não atendidos todos os pressupostos para a análise de variância, utilizando-se o pacote estatístico SAS. Na análise de perfil, aplicada para as curvas de NDVI, verificaram-se as hipóteses de paralelismo, coincidência e tendência entre os tipos de vegetação, por meio de técnicas multivariadas.

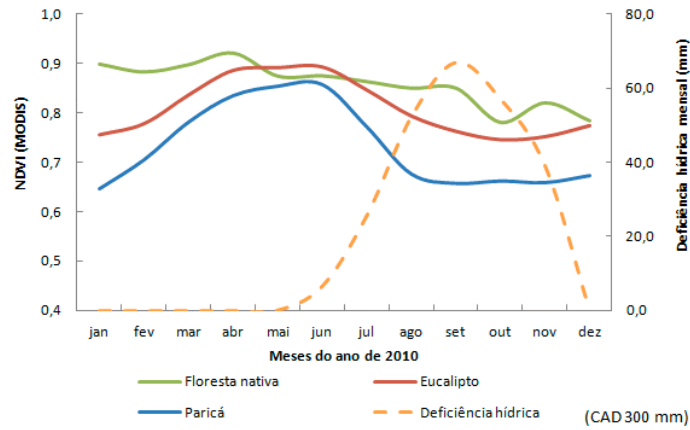
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluvial anual média em Dom Eliseu é de 1.749,0 mm. No período de janeiro a abril ocorre a maior oferta pluvial, concentrando 71% do total médio anual de precipitação do município (Figura 1). O trimestre de julho a setembro é o menos chuvoso, participando com 3% da precipitação anual. Os 26% dos eventos pluviais ocorrem parte entre maio e junho e parte de outubro a dezembro. MARTORANO *et al.*, (2010) destacaram que no período de junho a dezembro ocorrem déficits hídricos no solo, associados as altas temperaturas no município, com



**Figura 1:** Distribuição da precipitação em quartis de Dom Eliseu, PA.

A análise de quartis revela maior variabilidade no período mais chuvoso, com maiores frequências no primeiro quartil (0,25), com a mediana em torno de 360 mm no mês de março, o que difere do período menos chuvoso, onde no terceiro quartil (0,75), a precipitação não ultrapassa 60 mm, de julho a setembro. As condições de alta e de baixa oferta pluvial podem ser intensificadas em anos em que fenômenos de meso escala e efeitos oceano-atmosfera de grande escala influenciam em mudanças na circulação atmosférica, gerando anomalias climáticas, com precipitações pluviais acima (La Niña) e abaixo (El Niño) do normal na Amazônia (SODRÉ; VITORINO, 2013). Ao analisar-se o padrão climático, observa-se que no período de baixa oferta pluvial, a deficiência hídrica dos solos é intensificada e seus efeitos podem ser expressos em NDVI nas áreas com plantios de paricá, de eucalipto e de vegetação nativa (Figura 2).

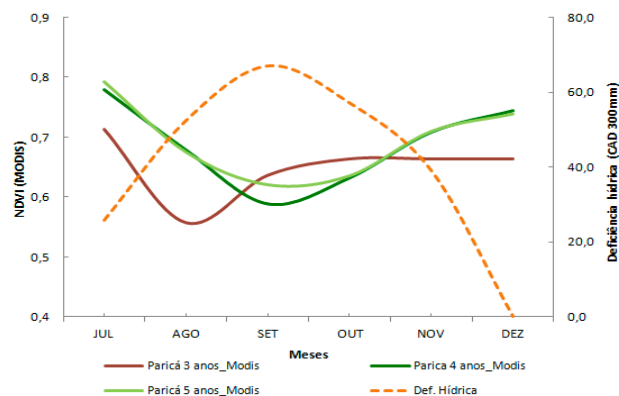


**Figura 2:** Perfil espectro-temporal do NDVI do Modis para florestas nativas e plantadas em Dom Eliseu, PA.

Os dados obtidos evidenciaram que tanto a hipótese de paralelismo como a horizontal foram rejeitadas, ou seja, existe uma tendência crescente nos NDVI médios no período chuvoso, com decréscimos nos valores de NDVI para os três tipos de florestas analisadas, no início da deficiência hídrica. Essa condição intensifica-se e apresenta maior estresse na planta durante os meses de agosto, setembro e outubro, apontando influência do estoque de água no solo no comportamento da vegetação, com reflexos na produtividade. Os resultados dos testes sobre tendências de variação sugerem que o comportamento temporal dos perfis médios dos NDVI podem ser explicados por um polinômio de grau 11. Não há uma coincidência entre os perfis de NDVI, pois os graus de polinômios foram significativos, rejeitando-se a hipótese H0: as médias são iguais no tempo, considerando (Valor  $p < 0,05$ ), aceitando-se a hipótese H1: as médias diferem entre si no tempo.

Observa-se menor variação no padrão do NDVI da floresta nativa em comparação à floresta plantada, associada à diversidade de espécies, de extratos de dosséis na floresta natural, e presença de indivíduos adultos com raízes em diferentes extratos de profundidade. Nos plantios de paricá e eucalipto, nota-se variação acentuada nos meses de junho a setembro e comportamento semelhante; porém, o paricá é mais sensível à escassez de água no solo, um aumento de 20 mm de deficiência hídrica (40 mm a 60 mm), houve redução nos valores do NDVI do paricá de 0,85 para 0,68, aumentando com o retorno das chuvas.

Encontraram-se diferenças significativas (Valor  $p < 0,05$ ) na resposta do paricá nas três idades analisadas, corroborando com a análise anterior, de que o paricá sofre forte influência da baixa oferta hídrica, no entanto, a diferença é marcante nos plantios com três anos de idade (Figura 3). Atribui-se esse resultado à baixa percentagem de cobertura do dossel, ocorrendo bastante resposta de solos e/ou ao fenômeno de reflectância aditiva pelo número de camadas de folhas que provoca maiores intensidades no infravermelho próximo (JENSEN, 2009).



**Figura 3:** Variação do índice de vegetação com a idade em plantios de paricá.

## CONCLUSÕES

A análise das imagens MODIS permitiu mapear a dinâmica espectro-temporal do NDVI em plantios de paricá na Amazônia, apontando a forte influência a deficiência hídrica no comportamento do índice de vegetação, sendo mais expressiva em plantios jovens, com três anos de idade do que em plantios próximos da idade de corte, em média, com cinco anos.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília, 2012. 150 p.

ALVARES, C.A.; MUNHOZ, J.S.B.; STAPE, J.L.; STAHL, J.; ANDRADE, L.; SANTOS, G.; LIMA, R.; COUTINHO, R.T.; HOINACKI, R.; FOX, T. **Caracterização da dinâmica dos índices de vegetação NDVI e EVI em plantações de Pinus do Brasil**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

ARAI, E.; FREITAS, R.M. **Pré-processamento MODIS**. In: RODORFF, B.F.T.; SHIMABUKURO, Y.E.; CEBALLOS, J. C. O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. INPE, 2007.

JENSEN, J.R. (1949). **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)...[et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2nd ed., 2009.

MAIRE, G.I.; MARSDEN, C.; VERHOEF, W.; PONZONI, F.J.; SEEN, D.I.; BEGUE, A.; STAPE, J.L.; NOUVELLON, Y. **Leaf area index estimation with MODIS reflectance time series and model inversion during full rotations of Eucalyptus plantations**. Remote Sensing of Environment, v. 115, p. 586-599, 2011.

MARTORANO, L. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; MONTEIRO, D. C. A.; LISBOA, L. S.; CÂNCIO, O.N.; MARTORANO, P. G.; ESPIRITO SANTO, J. M. do. **Condições topobioclimáticas associadas à ocorrência de Taxi-branco (*Sclerolobium panuculatum* Vogel) e Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) preferenciais para implantação de plantios florestais no Estado do Pará**. In: XVIII Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 2010, Terezina, PI. Terezina: Piauí, 2010

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L. S.; ESPIRITO SANTO, J. M.; ALMEIDA, R.F. **Top-bioclimate conditions associated to natural occurrence of two Amazonian native tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil**. In: VILLACAMPA, Y; BREBBIA, C. A. ECOSYSTEMS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT VIII. Ashurst Lodge: Wittpress, 2011. P.111-122.

MONTEIRO, D.C.A. **Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 2013 (no prelo).

SODRÉ, G.R.C.; VITORINO, M.I. **Análise observacional de sistemas convectivos de mesoescala associados a extremos climáticos na Amazônia Oriental**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: ETRS Symposium, 3., Washington D.C., USA. Proceedings... Washington D.C.: NASA SP- 351, 1973. p.309-317, 1973.