

## Avaliação da atividade fotoquímica de diferentes tipos de cobertura vegetal a partir do Índice de Refletância Fotoquímica.

José Carlos de Souza<sup>1</sup>  
Jocy Ana Paixão de Sousa<sup>1</sup>  
Elfany Reis do Nascimento Lopes<sup>1</sup>  
Naia Godoy Padovanni<sup>1</sup>  
Maria Cintia Matias de Moraes<sup>1</sup>  
Jomil Costa Abreu Sales<sup>1</sup>  
Roberto Wagner Lourenço<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP  
<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Laboratório de  
Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental.  
Caixa Postal 18087180 - Sorocaba- SP, Brasil  
jcsouza1974@gmail.com

**Abstract:** The Photochemistry Reflectance Index is an extremely important remote sensing product in evaluating the spectral behavior of vegetation, with the potential to evaluate the phytosanitary conditions of vegetation. Calculated from the relation between the spectral bands of green and blue and is an indicator of the use efficiency of photosynthetic radiation in the production process of photosynthesis. The PRI applies to the estimation of the photochemical activity of different phytophysiognomies of natural vegetation cover and different land uses in relation of agricultural production. In this study, using images from RapidEye's satellite, aimed to evaluate the photosynthetic activity of forest areas, grasslands, reforestation and short amount agriculture by the Photochemical Reflectance Index (PRI). The study was applied in the hydrografic basin of the Una river in Ibiuna, State of Sao Paulo. The results indicated photochemical production conditions very similar among the evaluated classes (forests, passage, agriculture and reforestation). However, the results of descriptive statistic and histograms, indicated the forests with the best conditions in photochemical reflectance (average - 0.51; standard deviation - 0.01; coefficient of variation - 1.96) and the agriculture showed the lowest production of photochemical reflectance ( average – 0.48; standard deviation – 0.02; coefficient of variation – 4.16).

**Palavras-chave:** Photochemical reflectance index, Forests, Pasture, Agriculture, Reforestry. Índice de Refletância Fotoquímica, Matas, Pastagem, Agricultura, Reflorestamento.

### 1. Introdução

O monitoramento da cobertura vegetação e a estimativa quantitativa de seus índices têm sido uma das principais aplicações do sensoriamento remoto. Estes índices fundamentam-se nos valores de refletância ou radiância, apresentados pela cobertura vegetal nas regiões espectrais do visível e do infravermelho próximo. Através dessas regiões espectrais é possível avaliar o comportamento espectral da vegetação em relação à biomassa fotossinteticamente ativa, ao vigor vegetativo e a atividade fotoquímica (BOLFE, 2010; PONZONI et al., 2012).

Dentre os índices baseados nas características espectrais das plantas está o Índice de Refletância Fotoquímica ou PRI, sigla em inglês de *Photochemical Reflectance Index*. O índice é expresso a partir da relação entre as bandas espectrais do verde e do azul e é um indicador da eficiência do uso da radiação fotossintética no processo de produção da fotossíntese (GAMON et al., 1997; RAHMAN et al., 2000; BAPTISTA, 2004). O comportamento do PRI está essencialmente relacionado aos mecanismos de fotoproteção de folhas e na estimativa do funcionamento fisiológico das plantas (GAMON et al., 1992; GARBULSKY et al., 2008).

O PRI detecta as mudanças que ocorrem nos pigmentos carotenoides, como a xantofila, da folhagem. As xantofilas são pigmentos que exercem a função de receptores da radiação para a fotossíntese, assim como as clorofilas e são indicadoras da eficiência do uso da luz fotossintética ou da taxa de dióxido de carbono armazenada pela folhagem. Esse índice pode ser usado na avaliação da atividade do ciclo das xantofilas e avaliação do estresse e da produtividade da vegetação (GAMON et al., 1992; CANAVESI et al, 2010; CHENG et al., 2012; WONG; GAMON, 2014).

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a atividade fotossintética de áreas de mata, pastagem, reflorestamento e agricultura de curto período, através do Índice de refletância fotoquímica (PRI), utilizando para geração do índice, imagens dos satélites Rapideye.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi aplicado na Bacia Hidrográfica do Rio Una, que compõe a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Sorocaba e Médio Tietê. A bacia está localizada no município de Ibiúna, região Sudeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 263807 e 274706, 7365029 e 7384261 m N (zona 23 S), com uma área aproximada de 96,4 km<sup>2</sup> (Figura 1).

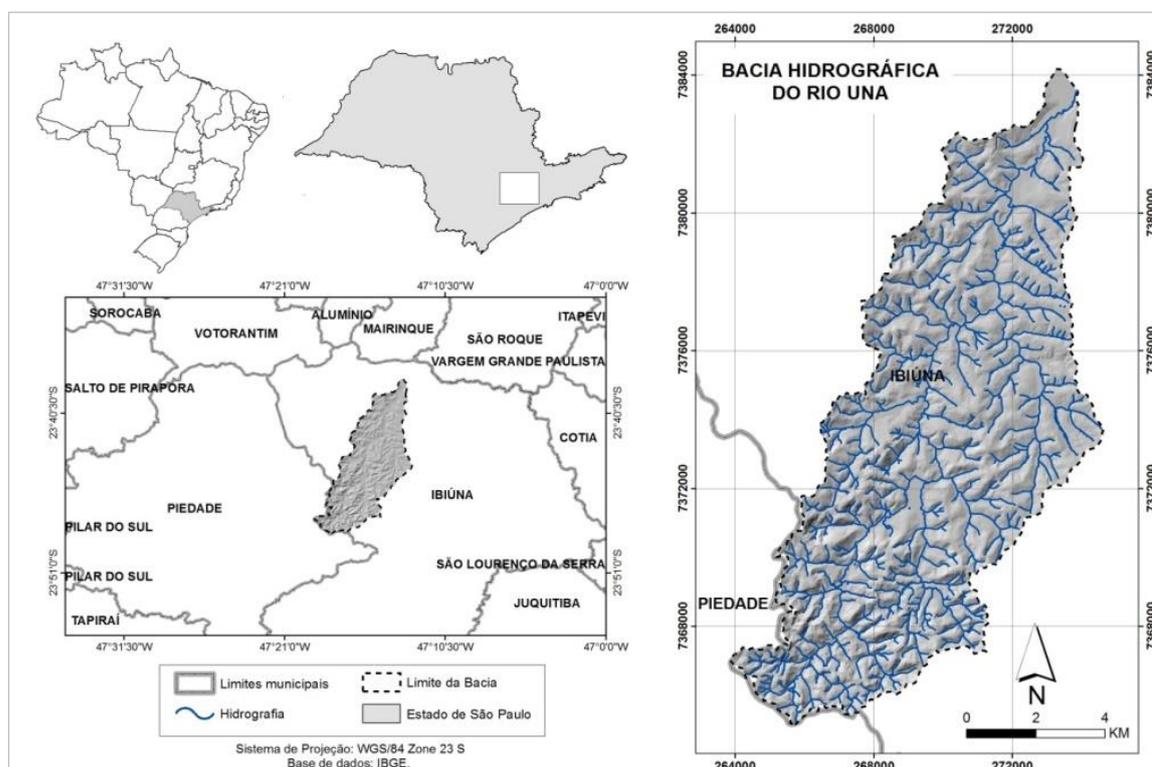


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Una.

### 2.2 Métodos

O cálculo dos índices e os produtos cartográficos foram desenvolvidos no *software* ArcGis 10.3, a partir de imagens do satélite RapidEye, disponibilizadas pelo Ministério do

Meio Ambiente. As imagens datam de novembro de 2013 e as bandas utilizadas foram a Banda 1: 440 – 510 µm – Azul e a Banda 2: 520 – 590 µm – Verde. Foram utilizadas as bandas datadas de 10 de janeiro e 22 de agosto de 2015.

Para o cálculo dos índices foram utilizadas as equações (1) e (2):

$$PRI = \frac{(B-G)}{(B+G)} \quad (1)$$

Onde:

G - é a refletância faixa do verde;

B - é a refletância faixa do azul;

Os valores obtidos no PRI foram reescalados para valores positivos, gerando o índice sPRI (Índice de Reflectância Fotoquímica reescalado para valores positivos) a fim de normalizar a vegetação verde e corrigir a fração iluminada no uso da luz na fotossíntese, conforme equação abaixo:

$$sPRI = \frac{(PRI+1)}{2} \quad (2)$$

### 3. Resultados e Discussão

Neste estudo priorizou-se avaliar quatro diferentes classes de cobertura vegetal, sendo elas: matas, reflorestamento, pastagem e áreas agrícolas de curto período. Estas classes compreendem respectivamente 37%, 3.24%, 6.70% e 36% da área total da bacia, os demais espaços são ocupados por planícies alagadas, lagos e reservatórios e área urbana.

As matas e a agricultura (culturas temporárias) definem o padrão espacial da paisagem na bacia, ocupando 72.98% da área, perfazendo 7035 ha. As culturas temporárias são cultivos de curta a média duração, com ciclo vegetativo inferior a um ano (IBGE, 2013). As matas identificadas na bacia são fragmentos florestais de Floresta Ombrófila Densa Montana, em diferentes estádios de regeneração (IBGE 2012; ROSA et al., 2014). Os reflorestamentos são representados pelo cultivo das espécies *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.* (VIDAL et al., 2007; ROSA et al., 2014). As pastagens são áreas destinadas à agropecuária extensiva e compreende 653 ha.

Os mapas A, B, C e D da Figura 2 apresentam a espacialização do PRI para as quatro classes que foram avaliadas neste estudo.

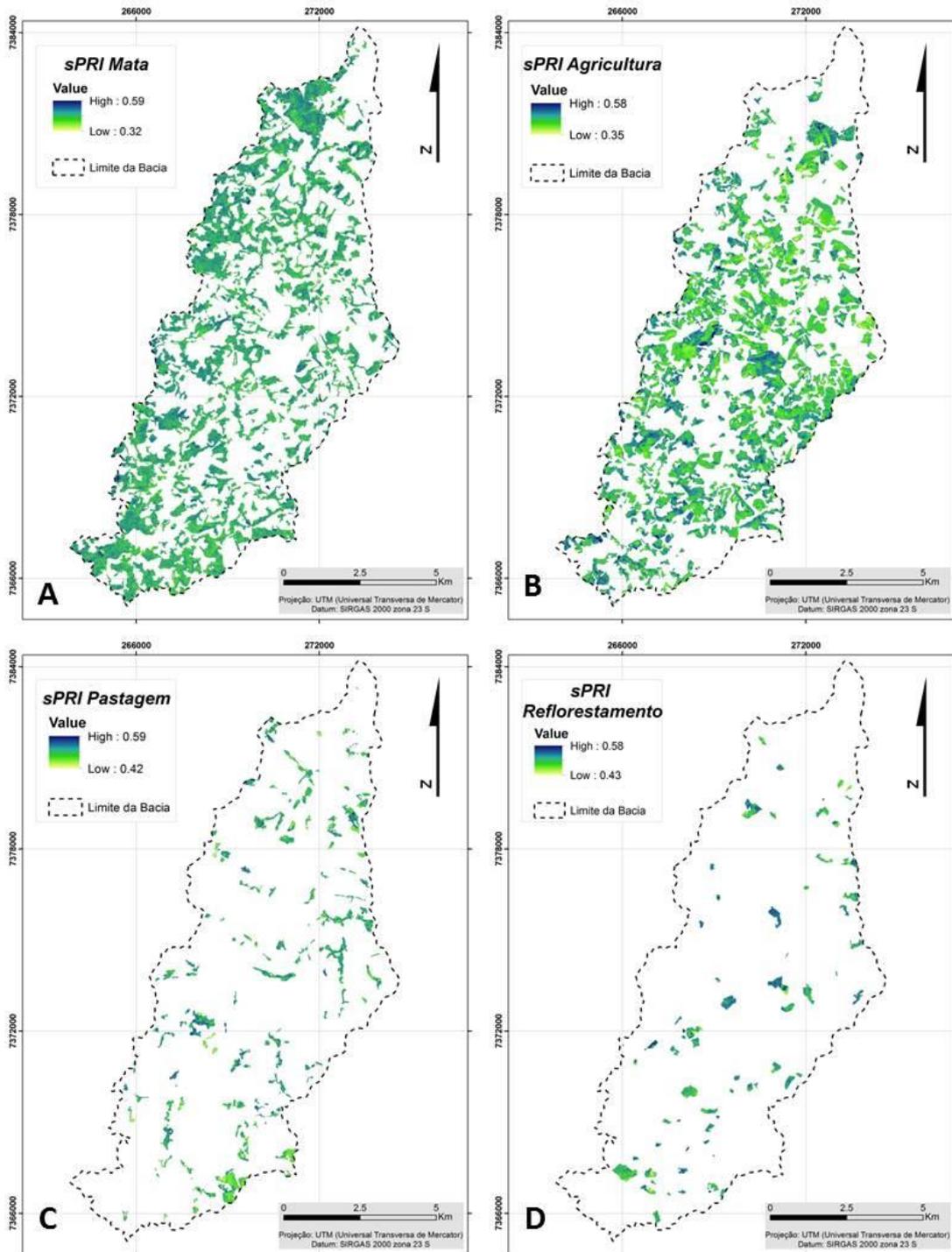


Figura 2. sPRI das classes mata (A), agricultura (B), pastagem (C) e reflorestamento (D).

Segundo Rahman et al. (2001) o valor 1 de sPRI estima o valor máximo de eficiência das plantas em realizar fotossíntese e os valores próximos de zero, indicam o baixo uso da luz fotossintética. Quanto as classes de cobertura vegetal analisadas na bacia do rio Una, os valores máximos para cada classe praticamente não variou, apresentando 0.58 para a agricultura e reflorestamento e 0.59 para matas e pastagem. No entanto, os valores mínimos apresentam considerável variação, registrando valores mais baixos para matas e agricultura, 0.32 e 0.35, respectivamente e passagem e reflorestamento, indicaram valores mínimos mais altos, 0.42 e 0.43, respectivamente (Figura 2 – A, B, C e D).

Os resultados da estatística (Tabela 1) indicam sPRI com médias muito próximas, com pouca variação em relação a agricultura que apresentou o menor valor (0.48). Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação indicaram baixa variação em relação à média e características homogêneas das amostras em todas as classes. Entretanto, faz-se ressalva às matas, que por apresentar desvio padrão e coeficiente de variação, com valores bem menores que as demais classes, apresentam valores de sPRI predominantes próximos a média, indicando melhores condições na refletância fotoquímica.

Tabela 1. Estatística descritiva do sPRI

Uso e cobertura do solo	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
Matas	0.51	0.01	1.96
Agricultura	0.48	0.02	4.16
Pastagem	0.50	0.02	4
Reflorestamento	0.51	0.02	3.92

Os histogramas (Figura 3) também corroboram com as análises anteriores que indicam baixa variação do sPRI em relação as médias por classe. Podemos perceber que todos os histogramas apresentam simetria aproximada, com distribuição bem centrada nas médias. Entretanto, apesar de sutil, é possível identificar uma melhor curva simétrica no histograma das matas.

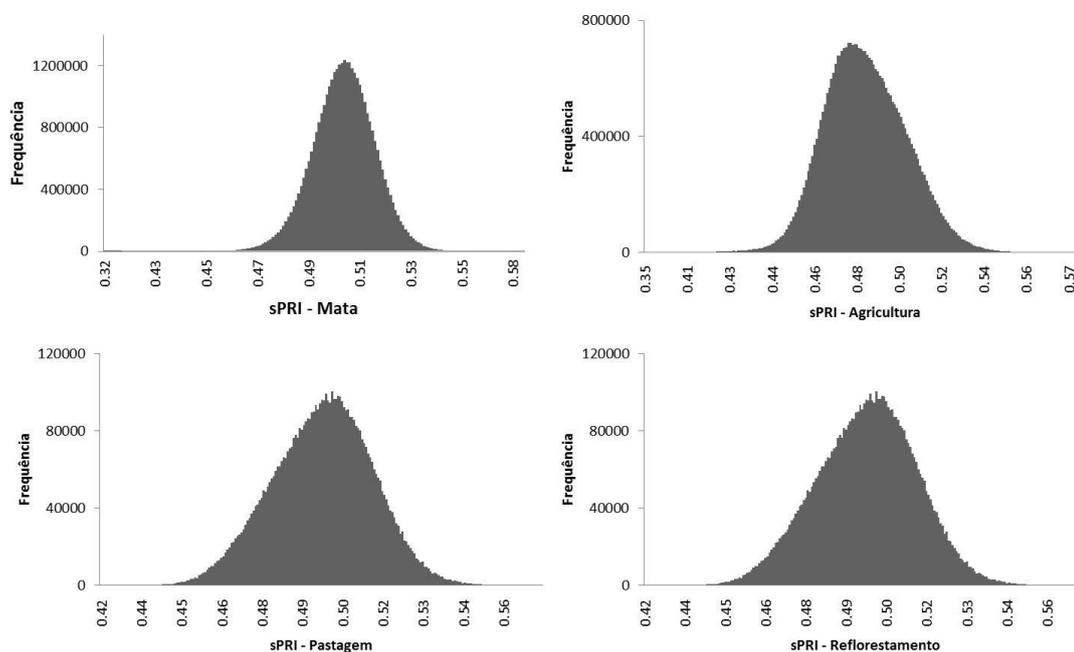


Figura 3. Histogramas do sPRI para as classes mata, agricultura, pastagem e reflorestamento.

Como apresentado na tabela 1, houve similaridade nas médias das coberturas matas e reflorestamento. No entanto, a variação dos valores de sPRI em relação a média foi bem mais baixa para as matas. Assim, a representação do sPRI a partir dos histogramas, também indicam as matas com a melhor condição em produção fotossintética, em relação as outras coberturas vegetais.

#### 4. Conclusões

O sPRI tem se mostrado um produto de sensoriamento remoto extremamente importante na avaliação do comportamento espectral da vegetação em relação às suas condições fitossanitárias, podendo ser utilizado para avaliar potencial de produção fotoquímica das diferentes fitofisionomias e dos diferentes usos do solo em relação à produção agrícola.

Neste estudo, utilizando imagem de alta resolução, pode-se perceber que em relação às coberturas do solo analisadas (matas, reflorestamento, agricultura de curto período e pastagem), mesmo com os resultados muito próximos, os resultados da estatística descritiva e dos histogramas, indicaram as matas com as melhores condições em refletância fotoquímica (média – 0.51; desvio padrão – 0.01; coeficiente de variação – 1.96) e a agricultura apresentou a mais baixa produção de refletância fotoquímica (média – 0.48; desvio padrão – 0.02; coeficiente de variação – 4.16).

#### 5. Referências Bibliográficas

BAPTISTA, G. M. M. Mapeamento do Sequestro de Carbono e de Domos Urbanos de CO<sub>2</sub> em Ambientes Tropicais, por meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral. **Geografia**, Rio Claro, v. 29, n. 2, p. 189- 202, 2004.

CANAVESI, V.; PONZONI, F. J.; VALERIANO, M. M. Estimativa de volume de madeira em plantios de *eucalyptus spp.* utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.539-549, 2010.

CHENG, Y et al., The photochemical reflectance index from directional cornfield reflectances: Observations and simulations. **Remote Sensing of Environment** n. 124, 444–453, 2012.

GAMON, J. A.; PEÑUELAS, J.; FIELD, C. B. A narrow-wave band spectral index that track diurnal changes in photosynthetic efficiency. **Remote Sensing of Environment**, 41, 35-44. 1992.

GAMON, J. A.; SERRANO, L.; SURFUS, J. S. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutriente levels. **Oecologia** 112: 492-501. 1997.

GARBULSKY, M. F. Estimación de la eficiencia del uso de la radiación en bosques mediterráneos a partir de datos MODIS. Uso del Índice de Reflectancia Fotoquímica (PRI). **Ecosistemas**. 17 (3): 89-97, 2008.

IBGE. 2012. **Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos**. 2a ed. IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2012, 275p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

RAHMAN, A. F et al. Modeling CO<sub>2</sub> flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. **AVIRIS Workshop**, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia. 2000.

ROSA, F. S et al. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Rev. Ambient. Água** vol. 9 n. 3 Taubaté - Jul. / Sep 2014.

VIDAL, M. M et al. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.521-532, set. 2007.



WONG, C. Y. S.; GAMON, J. A. Three causes of variation in the photochemical reflectance index (PRI) in evergreen conifers. **New Phytologist**, [s.l.], v. 206, n. 1, p.187-195, 18 nov. 2014.