

## Influência entre relação de radiação fotossinteticamente ativa e radiação global na produtividade primária bruta para Santa Rita do Passa Quatro - SP

Influence of the relationship between photosynthetically active radiation and global radiation in gross primary productivity for Santa Rita do Passa Quatro - SP

Celina Cândida Ferreira Rodrigues, Maria do Rosário Alves Patriota,  
Bernardo Barbosa da Silva e André Bezerra Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil

### Resumo

*Este trabalho tem como objetivo estabelecer uma relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e a radiação global (Rg) para Santa Rita do Passa Quatro (SP), durante o período de fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006 e avaliar seu impacto para a determinação da produtividade primária bruta (GPP). Dados de Rg ( $Wm^{-2}$ ) e PAR ( $\mu\text{mols } s^{-1}m^{-2}$ ) foram obtidas da torre micrometeorológica localizada na Gleba Cerrado Pé-de-Gigante. A análise dos dados permitiu o estabelecimento de uma equação linear para expressar a relação entre PAR ( $MJ m^{-2}$ ) e Rg ( $MJ m^{-2}$ ) como:  $PAR = 0,3787 Rg$  ou  $PAR = 1,742 Rg$ , para PAR ( $\mu\text{mols } s^{-1}m^{-2}$ ) e Rg ( $MJ m^{-2}$ ). Esta relação é indicada para a determinação GPP quando há ausência da mediação de PAR.*

**Palavras-chave:** PAR/Rg. GPP. Biomassa.

### Abstract

*This work aims to establish a relationship between the photosynthetically active radiation (PAR) and the global radiation (Rg) for Santa Rita do Passa Quatro (SP), during the period from February 2005 to February 2006 and evaluate its impact on gross primary production (GPP). Data of Rg ( $Wm^{-2}$ ) and PAR ( $\mu\text{mols } s^{-1}m^{-2}$ ) were obtained from the micrometeorological tower located in Gleba Cerrado Giant Foot. Data analysis allowed the establishment of a linear equation to express the relationship between PAR ( $MJ m^{-2}$ ) and Rg ( $MJ m^{-2}$ ) as:  $PAR = 0.3787 Rg$  or  $PAR = 1.742 Rg$ , for PAR ( $\mu\text{mols } s^{-1}m^{-2}$ ) and Rg ( $MJ m^{-2}$ ). This relationship is indicated for the GPP determination when there is no PAR measurements.*

**Keywords:** PAR/Rg. GPP. Biomass.

## 1 Introdução

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é um importante parâmetro para estudos nas áreas relacionadas à fisiologia vegetal e ciências agrárias, pois estão diretamente associadas à produção de biomassa, à morfologia e ao crescimento das plantas (CARTER; KLINKA, 1992; ACKERLY; BAZZAZ, 1995). A produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, interceptada e absorvida pelas folhas, e à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese.

Embora a PAR seja uma variável agrometeorológica importante as estações meteorológicas convencionais e automáticas não fazem frequentemente as suas medições. Alguns pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos com o objetivo de determinar a fração de Radiação Global (Rg) compreendida na faixa espectral do visível de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ . Toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o  $\text{CO}_2$  atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (TAIZ; ZIEGER, 2004).

A produção primária bruta (Gross Primary Production - GPP) é um componente importante para o estudo local da vegetação, pois traz informações quanto ao balanço de carbono entre a atmosfera e a biosfera, descrevendo a taxa de carbono convertido em biomassa pela fotossíntese (XIAO et al., 2004). As técnicas de sensoriamento remoto par estimar a GPP permitem seu monitoramento em escala regional, proporcionando a compreensão dos efeitos do uso da terra (DANELICHEN et al., 2015) além de apresentarem baixo custo de operacionalidade.

O primeiro objetivo desse trabalho foi estabelecer uma relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e a radiação global (Rg) para Santa Rita do Passa Quatro (SP), durante o período de fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006. O segundo objetivo foi avaliar os impactos desta relação PAR/Rg para a determinação da GPP.

## 2 Material e Métodos

### Área de estudo e coleta de dados

A área estudada abrange o município de Santa Rita do Passa Quatro (21°42'37" sul; 47°28'41" oeste; 748 m) no estado de São Paulo conforme Figura 1. O clima da região é normalmente ameno e seco no inverno e quente e úmido no verão (ROCHA et al., 2002), com temperatura média anual inferior a 22 °C, pluviosidade anual acima de 1.300 mm e, durante o verão, temperatura média mensal superior a 22 °C (PIVELLO et al., 1998).

Os dados de superfície que foram empregados para a determinação da GPP e da relação PAR/Rg, foram obtidos da torre micrometeorológica instaladas no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP. A torre localiza-se na Gleba Cerrado Pé-de-Gigante (21° 37' 9,26" S; 47° 37' 56,38" W; 710 m) de aproximadamente 1.060 hectares que é uma área de relevante interesse ecológico. A fisionomia predominante na área é de cerrado stricto sensu, com altura do dossel de aproximadamente 10m, circundado por plantações de eucalipto, citrus e cana-de-açúcar (ROCHA et al., 2002).

Foram utilizadas três imagens TM - Landsat 5 na órbita 220 e ponto 075, obtidas às 9h30min (tempo legal) dos dias 13 de maio, 17 de agosto e 21 de novembro de 2005, selecionadas por não apresentar cobertura de nuvens sobre a região de estudo. O processamento das imagens de satélite foi executado com o software ERDAS Imagine versão 9.2 e as operações matemáticas intra e inter bandas espectrais com a sua ferramenta Model Maker. Os mapas temáticos foram gerados no QGIS 2.18.7.

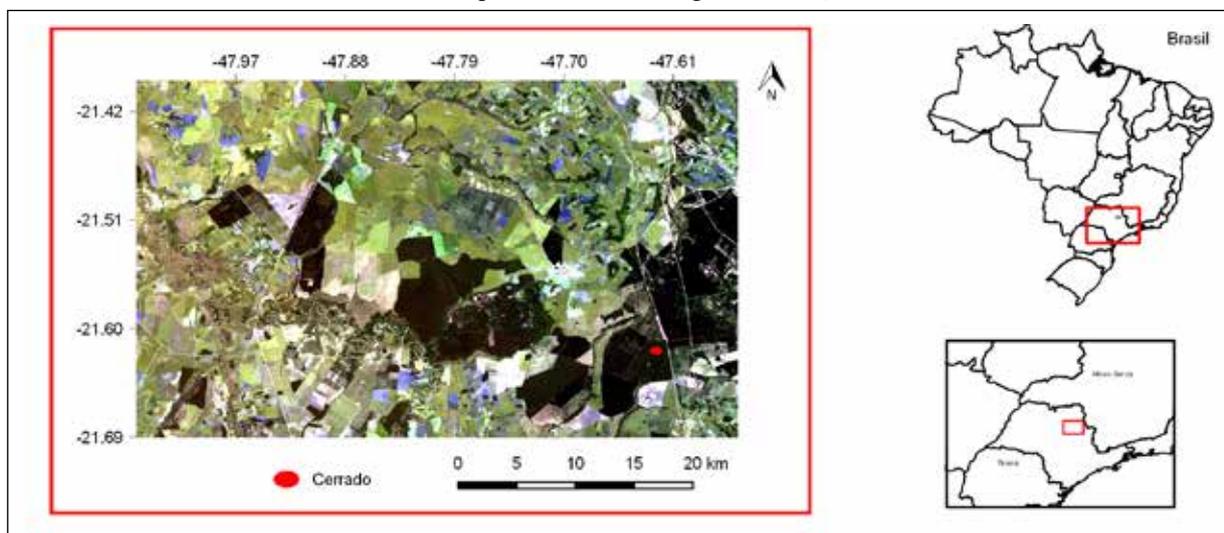


Figura 1 – Área de estudo compreendendo a região de Santa Rita do Passa Quatro - SP

### Radiação fotossinteticamente ativa - PAR

Os dados da torre são disponibilizados a cada 30 minutos para  $R_g$  ( $W m^{-2}$ ) e PAR ( $\mu mol s^{-1} m^{-2}$ ). Estes dados foram integrados a fim de se obter médias diárias em  $MJ m^{-2}$ . Para a conversão de unidades fotométricas ( $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ ) para unidades radiométricas ( $W m^{-2}$ ), utilizou-se o fator 4,6, ou seja,  $1 W m^{-2} = 4,6 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ .

### Produtividade primária bruta - GPP

A produtividade primária bruta – GPP corresponde à fotossíntese bruta (HUNT et al., 2004; XIAO et al., 2004; SILVA et al., 2013). A sua determinação com sensoriamento remoto pode ser obtida ao se combinar o modelo de estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida - RFAA pela vegetação, proposto por Monteith (1972), com o modelo de eficiência de uso da luz na fotossíntese de Field et al. (1995), adaptado por Bastiaanssen e Ali (2003), que sugerem o emprego da fração evaporativa - FE como elemento quantificador do status da água pela vegetação. Essa fração evaporativa é obtida por meio do Surface Energy Balance Algorithm for Land - SEBAL. De acordo com o modelo de Monteith (1972), a produtividade primária bruta diária – GPP ( $g C m^{-2}$ ) é dada pela equação (1).

$$GPP = RFA (-0,161 + 1,257 NDVI) \times \epsilon \quad (1)$$

Onde, na equação (1), NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada que tem sido obtido por vários sensores orbitais,  $\epsilon$  ( $g C MJ^{-1}$ ) é a eficiência do uso de luz (FIELD et al., 1995), modificado por Bastiaanssen e Ali (2003); RFA ( $W m^{-2}$ ) é a radiação fotossinteticamente ativa. Segundo Moran et al. (1995), na ausência de medições da RFA, pode-se utilizar o valor referente a 48% da radiação solar diária ( $R_s, 24h$ ).

### Análise estatística

A relação PAR/ $R_g$  foi submetida a uma análise de regressão linear simples, utilizando-se o Mirosoft Excel e a uma análise de frequência, dividida em 7 classes, com o software BioEstat versão 5.3. Os valores de GPP foram comparados através do erro percentual relativo médio (EPRM) e do erro absoluto médio (EAM).

## 3 Resultados e Discussão

A análise dos dados obtidos no período de fevereiro de 2005 à fevereiro de 2006 permitiram estabelecer a seguinte relação, conforme a Figura 2,  $PAR = 0,3787 R_g + 0,1432$  com coeficiente de correlação de 0,9776. Desde que o coeficiente linear (0,9776) não difere estatisticamente de zero ao nível de significância de 5%, a relação entre PAR e  $R_g$  pode ser representada mais simplesmente por  $PAR = 0,3787 R_g$  (para valores de PAR em  $MJ m^{-2}$ ) e  $PAR = 1,7420 R_g$  (para valores de PAR em  $\mu mol s^{-1} m^{-2}$ ). A análise de frequência de PAR/ $R_g$  para todo o período analisado, evidenciou que as maiores proporções dos dados ficaram entre 0,37 e 0,38. Com base na análise, há uma probabilidade de 85% em que a PAR represente 36 a 39 % da  $R_g$ , valores estes inferiores aos encontrados por Alados et al. (1996), Alvalá e Silva (2000) e McCree (1966), mas similares aos de Steidle Neto et al. (2008).

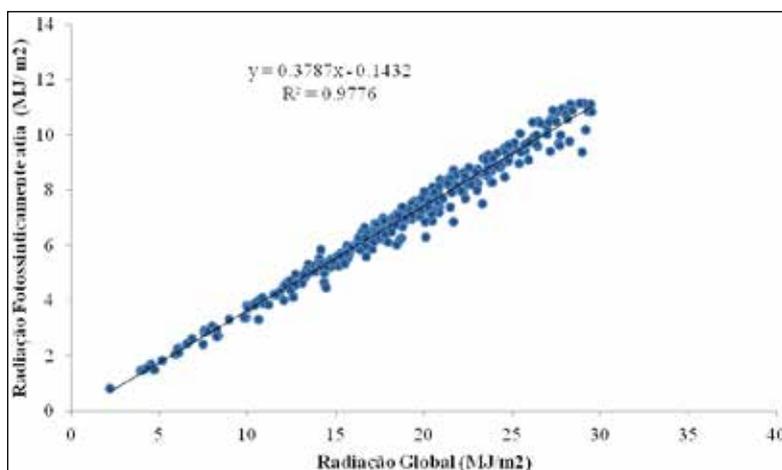


Figura 2 – Relação entre PAR e  $R_g$  com dados medidos no período compreendido entre fevereiro de 2005 a fevereiro de 2006, em Santa Rita do Passa Quatro - SP

A Tabela 1 representa os valores EAM e o EPRM associados com os valores de GPP ( $\text{g C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), obtidos com dois modelos diferentes de PAR. O modelo que apresentou a melhor estimativa da GPP foi o PAR = 0.3787 Rg, com diferença inferior a 5% em relação aos valores de PAR da torre micrometeorológica. Já o modelo PAR = 0.48 (MORAN et al., 1995) sugerido na literatura quando não há medições de radiação PAR, superestimou a GPP no período estudado em mais de 20%.

Tabela 1 – Estatísticas comparativas para o desempenho da relação PAR = 0.3787 Rg e para PAR = 48 Rg para Santa Rita do Passa Quatro - SP

Datas	PAR = 0.3787 Rg		PAR = 0.48 Rg	
	EAM ( $\text{g C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )	EPRM (%)	EAM ( $\text{g C m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )	EPRM (%)
13/05/2005	0.39	4.57	1.92	22.74
17/08/2005	0.15	2.24	1.76	25.70
21/11/2005	0.61	3.66	3.96	23.89

## 4 Conclusões

A radiação fotossinteticamente ativa em  $\text{MJ m}^{-2}$  corresponde 0,3787 da radiação global em  $\text{MJ m}^{-2}$  ou 1,7420 para valores de PAR em  $\mu\text{mols s}^{-1}\text{m}^{-2}$  e Rg em  $\text{MJ m}^{-2}$ .

A relação PAR / Rg em 85% dos dados ficou entre 0,36 e 0,39.

O valor de  $r^2 = 0,9776$ , demonstra existir uma elevada correlação entre PAR e Rg, possibilitando o uso da equação para estimativa de PAR em função de Rg para Santa Rita do Passa Quatro, ou regiões que apresentem condições climáticas semelhantes.

Na ausência de medidas da PAR recomenda-se utilizar o modelo PAR = 0.3787 Rg para Santa Rita do Passa Quatro, ou regiões que apresentem condições climáticas semelhantes.

## Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq e CAPES pela concessão da Bolsa de Mestrado.

## Referências

- ACKERLY DD, BAZZAZ FA. Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. *Ecology*. 1995;76(4):1134-1146.
- ALADOS I, FOYO-MORENO I, ALADOS-ARBOLEDAS L. Photosynthetically active radiation: measurements and modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*. 1996;78(1-2):121-131.
- ALVALÁ RCS, SILVA FWC. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância de onda curta em área de policultivo na Amazônia. In: Anais do 11º Congresso Brasileiro De Meteorologia [CD-ROM]; 2000; Rio de Janeiro, Brasil. p. 2453-62.
- BASTIAANSEN WGM, ALI S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2003;94(3):321-340.
- CARTER RE, KLINKA K. Variation in shade tolerance of Douglas-fir, western hemlock, and western red cedar in coastal British Columbia. *Forest Ecology and Management*. 1992; 55(1-4):87-105.
- DANELICHEN VHM, BIUDES MS, VELASQUE MCS, MACHADO NG, GOMES RSR, VOURLITIS GL, et al. Estimating of gross primary production in an Amazon-Cerrado transitional forest using MODIS and Landsat imagery. *An. Acad. Bras. Ciênc.* [Internet]. 2015 Sep [cited 2017 Dec 29]; 87( 3 ): 1545-1564. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652015000401545&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652015000401545&lng=en).
- FIELD CB, RANDERSON JT, MALMSTROM CM. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 1995;51(1):74-88.

- HUNT JRER, KELLY RD, SMITH WK, FAHNESTOCK JT, WELKER JM, REINERS WA. Estimation of Carbon Sequestration by Combining Remote Sensing and Net Ecosystem Exchange Data for Northern Mixed-Grass Prairie and Sagebrush-Steppe Ecosystems. *Environmental Management*. 2004;33 Suppl 1:432-441.
- PIVELLO VR, BITENCOURT MD, MANTOVANI W, MESQUITA JRHN, BATALHA MA, SHIDA C. Proposta de zoneamento ecológico para a reserva de cerrado Pé-de-Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). *Revista Brasileira de Ecologia*. 1998;2(2):108-118.
- MCCREE KJ. A solarimeter for measuring photosynthetically active radiation. *Agricultural Meteorology*. 1996;3(5-6):353-366.
- MONTEITH JL. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology*. 1972;9:747-766.
- MORAN MS, MAAS SJ, PINTER PJ. Combining remote sensing and modeling for estimating surface evaporation and biomass production. *Remote Sensing Reviews*. 1995;12(3-4):335-353.
- ROCHA HR, FREITAS HC, ROSOLEM R, NEGRÓN-JUÁREZ RI, TANNUS R, LIGOMA COM, et al. Measurements of CO<sub>2</sub> exchange over a woodland savanna (Cerrado sensu stricto) in southeast Brazil. *Biota Neotropica*. 2002;2(1):1-11.
- SILVA BB, MACHADO CCC, OLIVEIRA LMM, MOURA MSB. Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo-PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2013;28(1):57-63.
- STEIDLE NETO AJ, ZOLNIER S, MAROUELLI WA, CARRIJO OA. Razão entre radiação fotossinteticamente ativa e radiação global no cultivo do tomateiro em casa-de-vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2008;12(6):626-631.
- TAIZ L, ZIEGER E. *Fisiologia vegetal*. 3º ed. SANTARÉM ER, et al., translator. Porto Alegre: Artemed; 2004. 719p.
- XIAO XM, ZHANG QY, BRASWELL B, URBANSKI S, BOLES S, WOFYSY S, et al. Modeling gross primary production of temperate deciduous broadleaf forest using satellite images and climate data. *Remote Sensing of Environment*. 2004;91(2):256-270.

Celina Cândida Ferreira Rodrigues

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil  
E-mail: candidacelina@hotmail.com

Maria do Rosário Alves Patriota

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil  
E-mail: rosariopatriota@hotmail.com

Bernardo Barbosa da Silva

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil  
E-mail: bernardo.silva@ufcg.edu.br

André Bezerra Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil  
E-mail: andrebezerraoliveira@gmail.com