

## Alterações na produtividade primária líquida na área alagada pelo reservatório hidrelétrico Serra do Facão

Simone Ferreira<sup>1</sup>

Flavio Varone<sup>2</sup>

Rita Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS/CEPSRM  
Caixa Postal 15044 – 91501-970 – Porto Alegre – RS, Brasil  
simonepferreira@yahoo.com.br, rita.cma@terra.com.br

<sup>2</sup> Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – CEMETRS  
Cep 90130-060 – Porto Alegre – RS, Brasil  
flaviovarone@fepagro.rs.gov.br

**Abstract.** Gross primary production (GPP) is a key indicator of ecosystem performance, and helps in many decision-making processes related to environment. This study uses net primary production (NPP) as an important indicator of the reservoir ecosystem's productivity to estimate the impacts nearby of the Serra do Facão Dam (total area: 218,84 km<sup>2</sup>), in Goiás State, where the cerrado is the predominant vegetation. NPP is the balance between GPP and autotrophic respiration. The region's climate has two distinct periods, one dry and one rainy. Reservoir is in São Marcos river basin, the San Marcos River is a major tributary of the right margin of the Rio Paranaíba. NPP reflects not only the productivity of a community of vegetation in its natural environment but also carbon sequestration ability. We use Landsat TM images to estimate NPP in the dates next to the most important events of the dam construction. The region classified as no change in period 2007-2011 has pixel values between + - 1 standard deviation (NPP), it represents major part of region. The results demonstrate that total NPP, the present study use light use efficiency model (LUE), in the around region remains similar from 2007 to 2011, being dependent on the weather conditions.

**Keywords:** remote sensing, image processing, biomass, Landsat, carbon, biomassa

### 1. Introdução

A produtividade primária líquida (PPL) é um dos componentes do ciclo do carbono e é utilizada para avaliar o balanço de carbono em escala regional e global. Pode ser definida como o balanço entre a biomassa produzida pela fotossíntese (produtividade primária bruta - PPB) e a respiração autotrófica (Ra) da vegetação por unidade de espaço e tempo e pode ser expressa em unidades de matéria orgânica seca (Kgm<sup>-2</sup>) (LIETH; WHITTAKER, 1975; FIELD; RANDERSON; MALMSTRÖM, 1995; SUN et al., 2004). É um dos processos ecológicos mais modelados, pois reflete tanto a produtividade da vegetação quanto o sequestro de carbono. Mudanças na PPL podem afetar a composição da atmosfera (PIMM; RAVEN, 2000), disponibilidade de água doce (SALA et al., 2000) e a biodiversidade (DEFRIES et al., 1999). É um indicador de mudanças ambientais (SCHIMEL et al., 2000, 2001) e cada vez mais utilizado nas políticas e gestão de uso da terra (FENG et al., 2007).

### 2. Área de estudo

A área do reservatório da Hidrelétrica Serra do Facão está situada na divisa dos estados de Goiás e Minas Gerais (Figura 1) na bacia hidrográfica do Rio São Marcos. O Rio São Marcos é um dos principais afluentes da margem direita do Rio Paranaíba. A área total ocupada é de 218,84 km<sup>2</sup> atingindo a cota máxima de 756 m (ao nível do mar) e uma profundidade média de

24 m. A maior parte da área alagada está nos municípios de Catalão (GO) e Campo Alegre de Goiás (GO), mas também atinge os municípios de Davinópolis, Ipameri e Cristalina em Goiás e Paracatu em Minas Gerais (<http://www.sefac.com.br/>). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é Aw, o que significa que possui dois períodos distintos, um seco (Abril – Setembro) e outro chuvoso (Outubro – Março) com temperatura média entre 19 e 28 °C e a média de chuva de aproximadamente 1500 mm anuais.

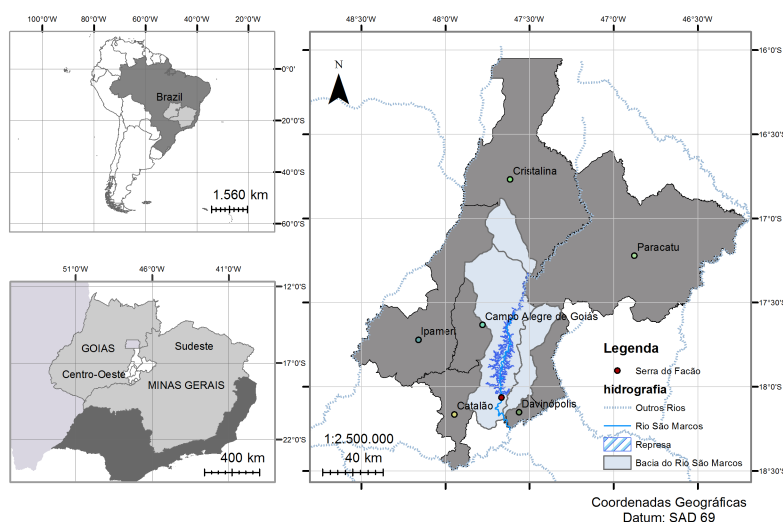


Figura 1: Localização da área de estudo.

### 3. Material e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas cenas Landsat TM órbita/ponto 221/072 nas datas descritas na tabela 1. As cenas foram escolhidas pela disponibilidade, cobertura de nuvens e pelas datas próximas aos eventos (tabela 1): início da construção da barragem em fevereiro 2007, início do enchimento do reservatório em novembro de 2009, em agosto de 2010 atingiu o nível mínimo e o nível máximo em maio de 2011.

As cenas foram georreferenciadas em relação a imagem TM de 06/6/2011 nível L1T fornecida pela USGS (*United States Geological Survey*), com precisão abaixo de 1 pixel, convertidas para Sistema de coordenadas geográficas, DATUM SAD 69. Logo após foi feita a correção radiométrica e o recorte das cenas.

Tabela 1: Dados meteorológicos.

Datas	Temperatura média (°C)		Total chuva anual (mm)
	diária	mês	
26/5/2007	19,5	22,2	1179,7
13/9/2009	25,0	25,8	1608,7
04/02/2010	24,0	24,1	1409,7
07/9/2010	25,1	24,5	1409,7
06/6/2011	21,3	20,5	1758,9

### 3.1. Estimativa da Produtividade Primária Líquida

Nos últimos anos foram desenvolvidas pesquisas que combinam modelos ecológicos e sensoriamento remoto para investigar o impacto das atividades humanas no ciclo do carbono. Esses estudos resultaram em vários modelos que podem ser classificados em estatísticos, baseados em processos e no uso eficiente da luz (LUE) (XU et al., 2011; RUMY; SAUGIER; DEDIEU, 1994). O balanço de carbono consiste em vários processos que descrevem a troca de dióxido de carbono entre o ecossistema terrestre e a atmosfera. A PPB é o total de carbono assimilado pela vegetação, uma fração dele é perdida para a atmosfera pela respiração autotrófica. A Produtividade primária líquida (PPL) é o balanço entre a PPB e a  $Ra$  (equação 1) (RUNNING et al., 2004; IBRAHIM et al., 2006).

$$PPL = PPB - Ra \quad (1)$$

A respiração autotrófica ( $Ra$ ) é afetada pela temperatura do ar em ( $T$ , °C) e a PPB como demonstrado na equação 2 (FURUMI et al., 2002).

$$Ra = PPB * [(7,825 + 1,145 * T)/100] \quad (2)$$

Alguns estudos baseados em imagens de satélite utilizam a eficiência do uso da luz (LUEg) para estimar a PPB (XIAO et al., 2004; BRANDÃO; BEZERRA; SILVA, 2007).

$$PPB = LUEg * (FAPAR * PAR) \quad (3)$$

onde:

LUEg = eficiência do uso da luz ( $gCMJ^{-1}PAR$ );

PAR = radiação fotossinteticamente ativa em um período de tempo; ( $MJm^{-2}$ )

FAPAR = fração da PAR absorvida pelo dossel da vegetação.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é restrita a faixa 0,4 - 0,7  $\mu m$  do espectro eletromagnético. É parte da fotossíntese, e seu valor deve ser aproximadamente 0,48 da radiação solar incidente (PRASAD; KANT; BADARINATH, 2002; SIMS et al., 2005). FAPAR é a fração da PAR absorvida pelo dossel da vegetação. O uso eficiente da luz (LUEg) na PPB é calculado pela relação empírica com dados meteorológicos (equação 4). LUE é um valor que representa o potencial ótimo da vegetação para converter PAR em PPB (NICHOL et al., 2000).

$$LUEg = 0,8932 + (0,0163 * T_m) + (0,0015 * P_{anual}) - (0,0022 * GDD) \quad (4)$$

onde:

$T_m$  = temperatura média (°C);

$P_{anual}$  = total de chuva anual (mm);

GDD = média *growing degree day*.

GDD é derivada da diferença entre a temperatura média e a mínima. FAPAR pode ser estimado a partir do NDVI como descrito na equação 5 (COOPS; WARING; LANDSBERG, 1998).

$$FAPAR = NDVI * 1,67 - 0,08 \quad (5)$$

onde:

NDVI = *normalized difference vegetation index* (ROUSE et al., 1973; XIAO et al., 2004). Pode ser calculado como na equação 6.

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (6)$$

#### 4. Resultados e Discussão

Na tabela 2 são apresentadas as estatísticas calculadas, na data de cada uma das cenas, para a área do reservatório entre os anos de 2007 e 2011 (26/5/2007 - figura 2a, 13/9/2009 - figura 2b, 04/02/2010 - figura 2c, 07/9/2010 - figura 2d e 06/6/2011 - figura 2e). Os cálculos foram feitos com todos os *pixels* que apresentaram valores maiores que zero, com isso, excluiu-se a área que continha água. Pode-se perceber uma diminuição na área total, pois ao longo do tempo a área alagada foi aumentando, mas mesmo assim, a PPL total aumentou em 2011, em relação ao ano de 2007. Embora os cálculos tenham sido feitos em uma data específica, os resultados apresentados são decorrentes do período anterior, estação da chuva ou seca (início ou fim) (tabela 1).

Tabela 2: Variáveis estatísticas da região de estudo.

Datas	Valores		Área (km <sup>2</sup> )	PPL Total Kg C	Média	Desvio padrão
	mínimo	máximo				
5/2007	0,03	38,99	419,75	10200,56	21,87	6,46
9/2009	0,48	48,48	420,76	9714,66	20,78	7,74
02/2010	0,54	47,73	401,94	13542,28	30,32	9,36
9/2010	0,24	41,59	349,68	6254,30	16,1	7,36
6/2011	0,2	61,5	345,23	10468,65	27,3	12,58

Na figura 2 ficam bem representados os dados descritos na tabela 2. A figura 2(c) se apresenta mais verde que as anteriores e na data foi calculado o maior valor total da PPL. Na figura 2(e), a área alagada é maior, mas a área do entorno apresentou valores maiores, fazendo com que o valor total seja um pouco maior que o calculado no início da construção da barragem.

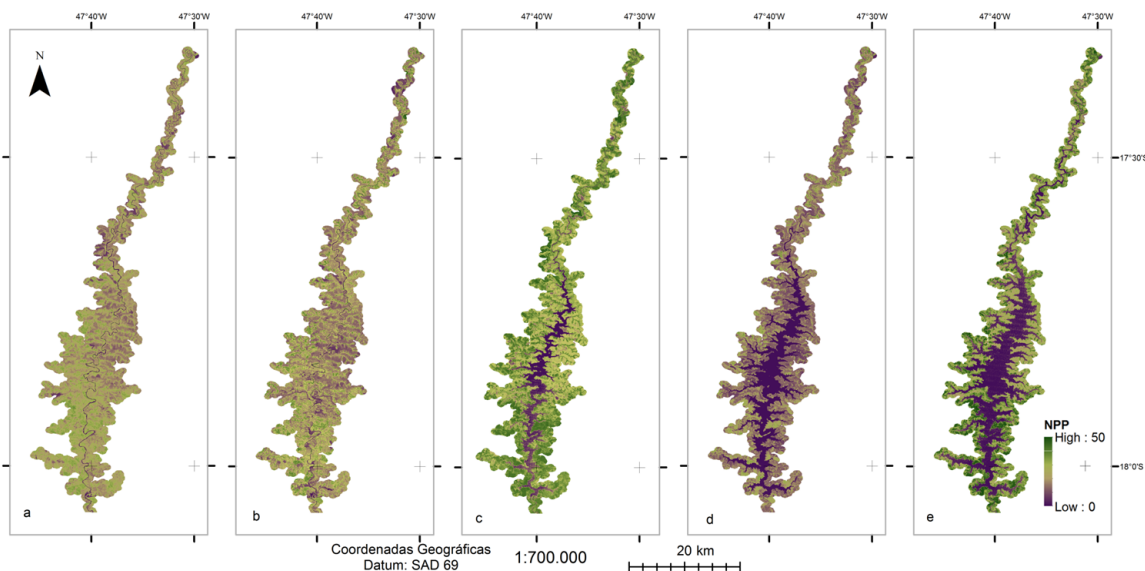


Figura 2: (a) PPL de 5/2007, (b) PPL de 9/2009, (c) PPL de 02/2010, (d) PPL de 9/2010, (e) PPL de 6/2011.

A figura 3 mostra a classificação das áreas com e sem mudança. A região classificada sem mudança possui valores entre  $\pm 1$  desvio padrão, maior parte da área em amarelo na figura 3, os valores superiores foram classificados com aumento e os inferiores decréscimo (tabela 3).

Tabela 3: Diferença entre os dados de 2007 e 2011.

	Valores		Área (km <sup>2</sup> )	PPL Total g C	Média	Desvio padrão
	mínimo	máximo				
diferença	-49,33	48,97	424,55	-329141,13	-0,7	17,77
aumento	+	+	4,93	168125,19	30,67	5,02
decréscimo	+	+	137,57	-3686621,10	-24,12	8,33

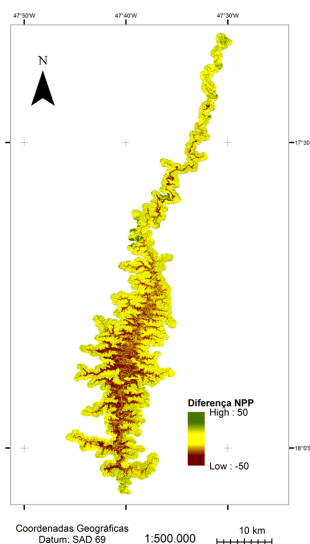


Figura 3: Diferença entre 2007 e 2011

## 5. Conclusões

Modelos baseados no uso eficiente da luz (LUE) tem sido utilizados para a estimativa da PPL em diferentes resoluções espaciais e temporais. Os padrões da PPL baseados em imagens Landsat TM mostram que a a variação da vegetação no entorno do reservatório Serra do Facão é dependente de fatores climáticos, e não propriamente das atividades antrópicas. Na área estudada, embora a área alagada tenha aumentado, a PPL também aumentou.

## Referências

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. d. Uso do ndvi para determinação da biomassa na chapada do araripe. In: EPIPHANIO, J. C. N.; GALVÃO, L. S.; FONSECA, L. M. G. (Ed.). *Anais...* [S.l.]: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2007. p. 75–81.

COOPS, N. C.; WARING, R. H.; LANDSBERG, J. J. Assessing forest productivity in australia and new zealand using a physiologically-based model driven with averaged monthly weather data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, v. 104, n. 1-3, p. 113–127, 1998.

DEFRIES, R. S. et al. Combining satellite data and biogeochemical models to estimate global effects of human-induced land cover change on carbon emissions and primary productivity. *Global Biogeochemical Cycles*, AGU, v. 13, n. 3, p. 803–815, 1999.

FENG, X. et al. Net primary productivity of china's terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. *Journal of Environmental Management*, v. 85, n. 3, p. 563–573, 2007.

FIELD, C. B.; RANDERSON, J. T.; MALMSTRÖM, C. M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. *Remote Sensing Environment*, v. 51, p. 74–88, 1995.

FURUMI, S. et al. Development of estimation model for net primary production by vegetation. *Advances in Space Research*, v. 30, n. 11, p. 2517–2522, 2002.

IBRAHIM, A. et al. An analysis of spatial and temporal variation of net primary productivity over peninsular malaysia using satellite data. *The Eco-Frontier Fellowship Fiscal Year 2006*, National Institute for Environmental Studies, Japan, p. 133–146, 2006.

LIETH, H.; WHITTAKER, R. H. *Primary Productivity of the Biosphere*. [S.l.]: Springer Verlag, 1975. 339 p. (Ecological Studies and Synthesis, v. 14).

NICHOL, C. J. et al. Remote sensing of photosynthetic-light-use efficiency of boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 101, n. 2?3, p. 131–142, 2000.

PIMM, S. L.; RAVEN, P. Biodiversity. extinction by numbers. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 403, n. 6772, p. 843–845, 2000.

PRASAD, V.; KANT, Y.; BADARINATH, K. Estimation of potential ghg emissions from net primary productivity of forests ? a satellite based approach. *Advances in Space Research*, v. 29, n. 11, p. 1793–1798, 2002.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts. In: \_\_\_\_\_. *Third ERTS Symposium*. [S.l.]: NASA, 1973. v. 1, p. 309–317.

RUIMY, A.; SAUGIER, B.; DEDIEU, G. Methodology for the estimation of terrestrial net primary production from remotely sensed data. *Journal of Geophysical Research*, American Geophysical Union, v. 99, n. D3, p. 5263–5283, 1994.

RUNNING, S. W. et al. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *BioScience*, Univ California Press, v. 54, n. 6, p. 547, 2004.

SALA, O. E. et al. Biodiversity - global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, AMER ASSOC ADVANCEMENT SCIENCE, v. 287, n. 5459, p. 1770–1774, 2000.

SCHIMEL, D. et al. Contribution of increasing co2 and climate to carbon storage by ecosystems in the united states. *Science*, v. 287, n. 5460, p. 2004–2006, 2000.

SCHIMEL, D. S. et al. Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature*, Macmillian Magazines Ltd., v. 414, n. 6860, p. 169–172, 2001.

SIMS, D. et al. Midday values of gross co flux and light use efficiency during satellite overpasses can be used to directly estimate eight-day mean flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 131, p. 1–12, 07 2005.

SUN, R. et al. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in changbaishan natural reserve, china, using landsat ETM+ data. *Canadian Journal Remote Sensing*, v. 30, n. 5, p. 731–742, 2004.

XIAO, X. et al. Satellite-based modeling of gross primary production in an evergreen needleleaf forest. *Remote Sensing of Environment*, v. 89, n. 4, p. 519–534, 2004.

XU, X. et al. Impacts of china?s three gorges dam project on net primary productivity in the reservoir area. *Science of the Total Environment*, Elsevier B.V., v. 409, n. 22, p. 4656–62, 2011.