

Estimativa da Produção Primária Líquida Usando Dados de IVDN para o Estado da Paraíba

Robson de Sousa Nascimento^{1,2}

José Ivaldo Barbosa de Brito²

Célia Campos Braga²

¹ Universidade Federal do Piauí – UFPI/CPCE
BR 135, Km 3, 64900-000 – Bom Jesus – PI, Brasil
robson@ufpi.edu.br

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande – PB, Brasil
{ivaldo;celia}@dca.ufcg.edu.br

Abstract. The Net Primary Production (NPP) is the production of substances that entry in the organism constitution. The NPP is all energy that the producers storage through photosynthesis minus the loss due the respiration. The method to calculate NPP is based in the uptake and storage of carbon by vegetation. The NPP is obtained through variables such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Photosynthetically Active Radiation (PAR), Intercepted Photosynthetically Active Radiation (IPAR), Absorbed Photosynthetically Active Radiation (APAR) and fraction Absorbed Photosynthetically Active Radiation (fAPAR). The present work esteemed the NPP for the state of Paraíba for the year of 1989. The NPP was less than 1200 gC/(m².yr) over the Curimataú region and over the Agreste about 700 gC/(m².yr). For the Sertão region the values obtained for NPP were larger than 2400 gC/(m².yr). The present study showed a strong correlation between NPP and APAR ($R^2 = 0,9991$). The causes that led at these results of NPP are discussed.

Palavras-chave: NPP, NDVI, APAR, PPL, IVDN, APAR

1. Introdução

Tanto o fluxo como o balanço de carbono têm merecido atenção devido ao papel que alguns gases que contêm esse elemento desempenham no processo de mudanças ambientais, principalmente no aquecimento global da atmosfera. O conhecimento da quantidade de carbono armazenado nos diferentes reservatórios é fundamental para o estudo e a compreensão de outros processos envolvidos nos fluxos de energia e da água (Fearnside, 1996; Kuntschick, 2004).

O Dióxido de Carbono (CO₂) pode ser absorvido pela vegetação através do processo de fotossíntese e armazenado na forma de substâncias orgânicas. O constante aumento de gases carbônicos na atmosfera, particularmente o CO₂ e o Monóxido de Carbono (CO), tem levantado grandes discussões sobre as alternativas que poderiam diminuir o balanço de liberação destes gases visando minimizar o impacto no meio ambiente. A importância que esses gases desempenham no efeito estufa tem sido um motivo que incentivou o estudo dos fluxos do carbono na biosfera (Schroeder e Winjum, 1995), e outros autores têm desenvolvido trabalhos semelhantes, como Cowan e Harmon (2006).

Uma alternativa vem sendo discutida como uma opção viável para solucionar, em parte, a emissão de carbono na atmosfera: o seqüestro e armazenamento de carbono atmosférico. Essa retirada do CO₂ da atmosfera é feita pela vegetação, alternativa que recebeu amplo apoio no Protocolo de Kyoto.

O método alternativo baseado no seqüestro e armazenamento de carbono é conhecido como Produção Primária Líquida (PPL). A PPL corresponde à produção de substâncias que entra na constituição do organismo, ou seja, é toda a energia que os produtores armazenam a partir da fotossíntese menos o que eles gastam na respiração.

A estimativa da PPL pela vegetação, no presente trabalho, será feita mediante dados de sensoriamento remoto e medidas de radiação solar global em sítios. Os fluxos de carbono são altamente variáveis no espaço e tempo. Assim, essas medidas são combinadas com dados espaciais de Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), temperatura, precipitação e características do solo (Wylie et al., 2007). Esses parâmetros são de importância central na determinação de respostas biológicas.

A análise da dinâmica temporal da vegetação em determinadas regiões e suas relações com o clima são de particular interesse para o entendimento da relação ecossistema-atmosfera, como pode ser visto no trabalho de Kobayashi e Dye (2005).

2. Metodologia de Trabalho

De acordo com Saugier (1996) as primeiras estimativas de fixação de carbono pela vegetação fazendo uso de dados meteorológicos ou climáticos, remota de aproximadamente três décadas atrás. Entretanto, ainda conforme Saugier (1996), apenas na década de 1980 é que estimativas em escala regional e global tornaram-se mais precisas devido à evolução dos modelos climáticos, que em um primeiro momento trabalhavam com as trocas de energia e vapor de água entre a superfície e a atmosfera, porém, em um segundo passo, foi incorporado o gás carbônico e outros gases de efeito estufa, permitindo a estimativa da PPL e, conseqüentemente, da fixação de carbono.

Mais tarde, Goward et al. (1985) mostrou que a PPL ($\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$) é relacionada com índices de vegetação, tal como IVDN. Enquanto, Monteith (1977) sugeriu que sob condição não estressada a soma da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) é linearmente relacionada com a NPP.

Na década de 1990, Eck e Dye (1991) descreveram um método para estimar a PAR incidente (IPAR) que usa dados de refletância do ultravioleta, baseado em informações de sensoriamento remoto por satélite, obtido do projeto TOMS (Nimbus Total Ozone Mapping Spectrometer). Subseqüentemente, Dye e Goward (1993) elaboraram imagens de radiação fotossinteticamente ativa absorvida (fAPAR) usando medidas de refletância espectral do AVHRR NOAA-7 e TOMS.

Hunt (1994) sugeriu que estimativa global de PPL baseada em índice de vegetação poderia ser refinada por meio de uma classificação de floresta estabelecida, floresta jovem e ecossistemas não florestais. Porém, para solucionar o problema levantado por Hunt (1994), Hooda e Dye (1995) desenvolveram uma técnica automática para a identificação de áreas agrícola usando IVDN nos modelos climáticos. Esse procedimento tem sido ampliado devido a área de captação e monitoramento da vegetação, como pode ser visto nos trabalhos de Al-Bakri e Taylor (2003) e Ricotta et al. (1999).

No presente trabalho serão utilizados os dados de IVDN do AVHRR/NOAA através dos canais visível e infravermelho, com resolução de 5 km x 5 km, para o cálculo da PPL referentes ao ano de 1989.

Produtividade é a taxa de carbono atmosférico tomada pela vegetação através dos processos de fotossínteses. O índice de vegetação espectral medido produzido pelo cálculo do IVDN tem sido mostrado empiricamente e teoricamente. Contudo, vários trabalhos têm mostrado a relação entre a fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa (fAPAR) e o IVDN, onde para o presente estudo foi utilizado a relação dada por Hooda e Dye (1996):

$$fAPAR = -0,31 + 1,31*IVDN \quad (1)$$

onde o fAPAR representa a capacidade de absorção de energia pelo dossel. O fAPAR é uma variável chave para muitos modelos climáticos e modelos de PPL, onde Churkina et al. (1999) realizaram estudos comparando modelos de PPL. Mas, segundo (Fensholt et al., 2004),

quando se estima a produtividade de ecossistemas terrestres de imagens de satélites, medidas espectrais do dossel podem ser convertidas dentro de variáveis biofísicas quantitativas.

A produtividade primária de uma comunidade de plantas pode ser modelada como o produto da quantidade de PAR absorvida pelo dossel e um fator de eficiência no uso da luz, onde a quantidade de APAR é o produto da fração absorvida (fAPAR) e a quantidade de PAR incidente (IPAR).

$$PPL = \varepsilon \times \Sigma(APAR) \quad (2)$$

O APAR pode ser calculado como

$$APAR = fAPAR \times IPAR \quad (3)$$

O IPAR, de acordo com Ferreira (2006), corresponde a 50% da radiação solar global total.

Podemos colocar as Eqs. (1) e (3) dentro da Eq. (2) para produzirmos:

$$PPL = \varepsilon \times \Sigma((-0,31 + 1,31*IVDN) \times IPAR) \quad (4)$$

onde ε é um fator de eficiência no uso da luz, que, de acordo com Sobrino e Raissouni (2000), assume valores de acordo com IVDN. Caso o $IVDN < 0,2$ o fator de eficiência no uso da luz é calculado do canal 1 da refletância por:

$$\varepsilon = 0,980 - 0,042 * Ch1 \quad (5)$$

Caso $0,2 < IVDN < 0,5$, o fator de eficiência no uso da luz pode ser estimado da proporção de vegetação P_v :

$$\varepsilon = 0,971 + 0,018 * P_v \quad (6)$$

onde P_v é calculado pela expressão

$$P_v = (IVDN - 0,2)^2 / 0,09 \quad (7)$$

E, quando o $IVDN > 0,5$ o fator de eficiência no uso da luz é assumido como sendo igual a 0,985. O fAPAR é uma função do IVDN, ε é dado em g/MJ, APAR e PAR em MJ/m².ano .

No presente estudo foram utilizadas oito cidades do estado da Paraíba. A escassez de dados, principalmente da radiação, necessária para o cálculo do IPAR, que objetivou a redução de cidades no presente estudo. As localidades utilizadas no presente estudo são mostradas na tabela 1.

Tabela 1. Localidades usadas no estudo

Localidades	Longitude (graus)	Latitude (graus)	Altitude (metros)
Barra de S. Rosa	-36,05	-6,72	440
Cajazeiras	-38,57	-6,88	298
Campina Grande	-35,88	-7,22	508
Cabaceiras	-36,28	-7,48	390
Belém B. Cruz	-37,53	-6,18	190
Patos	-37,3	-7,00	250
São Gonçalo	-38,23	-6,73	235

Esperança	-35,85	-7,02	631
-----------	--------	-------	-----

3. Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra o gráfico da distribuição espacial da precipitação pluviométrica para o ano de 1989. Observa-se que entre as longitudes 37,3° W e 35,8° W a precipitação foi inferior a 900 mm/ano, e superior a este valor ao oeste de 37,3° W e ao leste de 35,8° W. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam um corte entre as longitudes 35,5° W e 34,8° W devido a falta de dados para essa região.

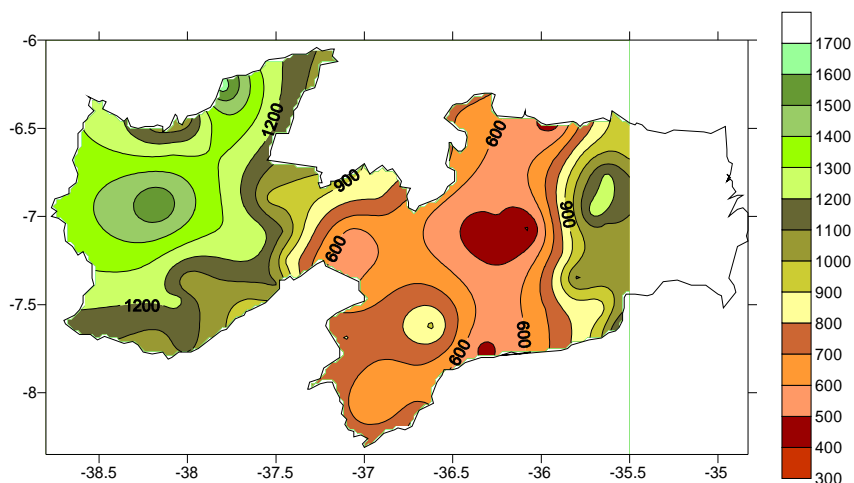


Figura 1. Precipitação para o estado da Paraíba para o ano de 1989 em mm

A Figura 2 mostra o gráfico da PPL. Pode-se observar valores mais baixos para a PPL entre as longitudes de 35,5° W e 36,5° W em decorrência de ser uma região de valores pluviométricos não muito elevados e vegetação de caatinga aberta compreendendo as regiões do Curimataú, Cariri e parte do Agreste. Porém, para o ano de 1989 houve um aumento do índice pluviométrico para o Curimataú e um valor inferior para o Agreste (Figura 1), o que levou a configurações diferentes para essas duas regiões no gráfico da PPL. O Curimataú apresentou PPL inferior a 1200 gC/(m².ano) e para o Agreste a PPL foi da ordem de 700 gC/(m².ano) (Figura 2). Ressalta-se, que no Brejo, vizinho ao Curimataú, a PPL foi superior a 1200 gC/(m².ano), com precipitação da ordem de 1200 mm/ano. Também deve ser salientado que o baixo PPL observado no Agreste não decorre apenas do valor do índice pluviométrico, mas também devido ao forte desmatamento ocorrido naquela microrregião.

A partir da longitude de 36,5° W até 38,8° W verifica-se um aumento gradual da PPL. Isto se torna evidente porque à medida que se avança para o sertão do estado ocorre um aumento na precipitação e da vegetação mais densa e elevada do que o Cariri e Curimataú, obtendo-se, para essa região, valores que atingem 2400 gC/(m².ano). O sertão do estado é uma região cuja vegetação predominante é a Caatinga e para o ano de 1989 houve um alto valor no índice pluviométrico para essa região, produzindo, assim, uma caatinga mais densa com altos valores na PPL.

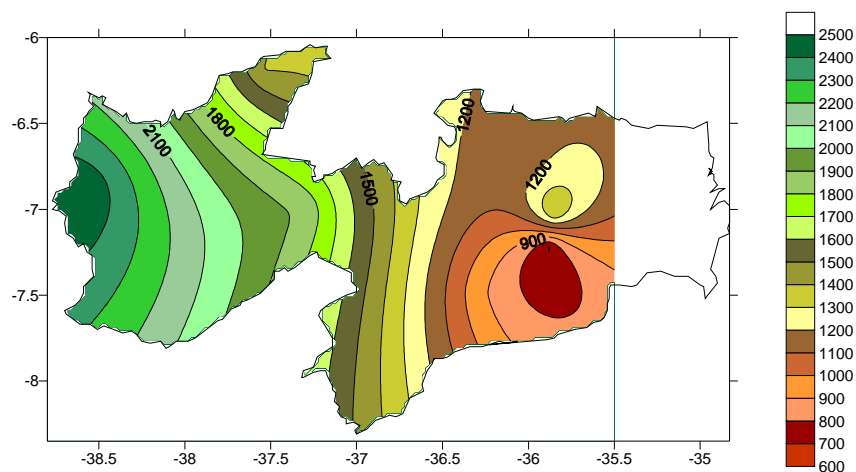


Figura 2. Produção Primária Líquida (PPL) em $\text{gC/m}^2 \cdot \text{ano}$

O APAR é a energia consumida pelo dossel verde da planta no processo de fotossíntese. Podemos observar uma semelhança entre os mapas de PPL e APAR (Figuras 2 e 3). Os valores de APAR vão crescendo à medida que a longitude se torna mais negativa, situação ocorrida de forma semelhante à PPL. Este resultado concorda com Monteith (1977) que descreveu uma relação direta entre PPL e APAR.

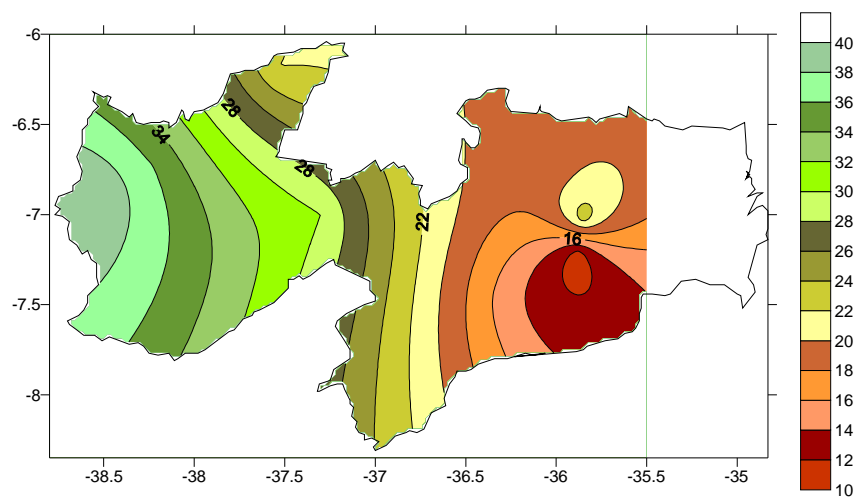


Figura 3. Radiação Fotossinteticamente Ativa Absorvida (APAR) em W/m^2

Outra forma de mostra a forte relação PPL e APAR e através de um gráfico de dispersão e de uma regressão, cujo coeficiente de correlação foi superior a 0,99 (Figura 4).

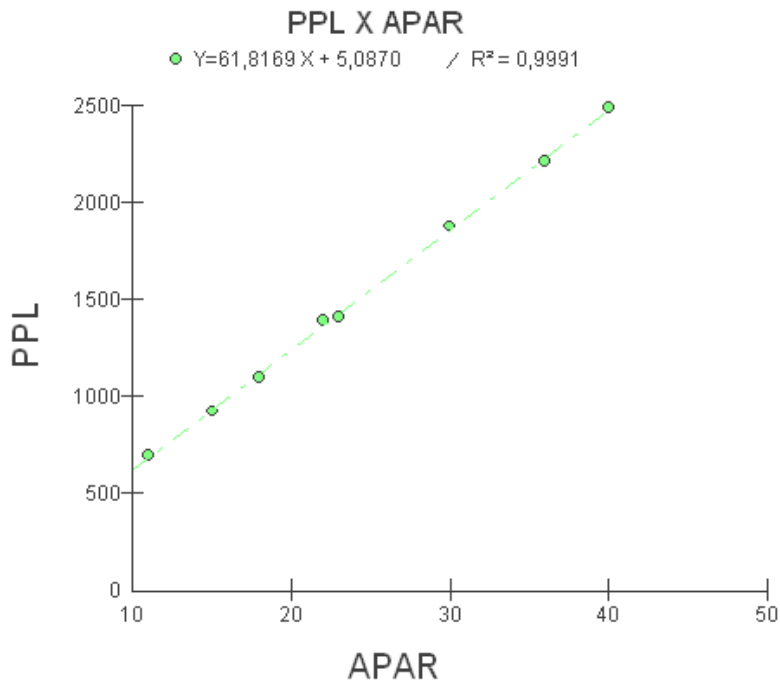


Figura 4. Correlação entre a PPL e o APAR

4. Conclusões

O presente trabalho mostrou que ocorre um aumento na PPL à medida que ocorre um aumento na pluviosidade, onde os maiores valores da PPL no ano de 1989 encontra-se na região oeste da Paraíba, ano de chuvas abundantes no sertão paraibano. Entretanto, a PPL não mostra uma relação direta com a precipitação, pois, para o Agreste as chuvas foram superiores às do Cariri e Curimataú. Porém, a PPL do Agreste foi inferior, isto ocorreu devido ao forte desmatamento ocorrido naquela microrregião. Portanto, pode-se concluir que a PPL é função da precipitação total anual, da cobertura vegetal e da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (APAR), bem como a forte correlação entre PPL e o APAR, onde o coeficiente de correlação entre essas duas variáveis foi da ordem de 0,9991.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Bakri, J. T.; Taylor, J. C. Application of NOAA AVHRR for monitoring vegetation conditions and biomass in Jordan. **Journal of Arid Environments**, v. 54, p. 579-593, 2003.

Churkina, G; Running, S. W.; Schloss, A. L. Comparing global model terrestrial Net Primary Productivity (NPP): the importance of water availability. **Global Change Biology**, v. 5, suppl. 1, p. 46-55, 1999.

Cowan, K. R.; Harmon, R. R. Carbon-sequestration technologies: A review of the current state of the art and mark potential of managing carbon emissions. **PICMET Proceedings**, p. 1166-1170, 2006.

Dye, D. G.; Goward, S. N. Photosynthetically active radiation by global land vegetation in August 1984. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, p. 3361-3364, 1993.

Eck, T. F.; Dye, D. G. Satellite estimation of Incident Photosynthetically Active radiation using ultraviolet reflectance. **Remote Sensing of Environment**, v. 38 p. 138-146, 1991

Fearnside, P. M. Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing vegetation Brazil's Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v. 80, p. 21-34, 1996.

- Fensholt, R.; Sandholt, I.; Rasmussen, M. S. Evaluation of MODIS LAI, fAPAR and relation between fAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, p. 490-507, 2004.
- Ferreira, W. P. M. **Radiação Solar em Sete Lagoas – MG**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 21p.
- Goward, S. N.; Tucker, C.J.; Dye, D. G. North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 Advanced Very High Resolution Radiometer. **Vegetation**, v. 64, p. 3-14, 1985.
- Hooda, R. S.; Dye, D. G. Identification and mapping of irrigated vegetation using NDVI-Climatological modeling. Proc. Asian Conference. Remote Sensing, 1995, Thailand. pp. 9-1 - 9-6. 1995.
- Hooda, R. S.; Dye, D. G. Estimating Carbon-fixation in India based on Remote Sensing Data. Proceedings Asian Congress of Remote Sensing, 1996. Disponível em: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1996/ts1/ts1003.shtml> .
- Hunt, E. R. Relationship between woody biomass and PAR conversion efficiency for estimating net primary production from NDVI. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, p. 1725-1730, 1994.
- Kobayashi, H.; Dye, D. G. Atmospheric conditions for monitoring the long-term vegetation dynamics Amazon using normalized difference vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, v. 97, p. 519-525, 2005.
- Kuntschik, G. **Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar**. 2004. 165p. USP. Tese de Doutorado em Ciências – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.
- Monteith, J. L. Climate and efficiency of crop production in Britain. **Phil. Tran. Royal Soc. London**, v. B 281, p. 277-294, 1977.
- Sobrino, J. A., Raissouni, N. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Marocco. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, p. 353–363, 2000.
- Ricotta, C.; Avena, G.; De Palma, A. Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 54, p.325–331, 1999.
- Saugier, B. **Vegetação e Atmosfera**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. 143 p.
- Schroeder, P. E.; Winjum, J. K. Assessing Brazil's carbon budget: II Biotic fluxes and net carbon balance. **Forest Ecology and Management**, v. 75, p. 87-99, 1995.
- Wylie, B. K.; Fossnight, E. A.; Gilmanov, T. G.; Frank, A. B.; Morgan, J. A. Haferkamp, M. R.; Meyers, T. P. Adaptive data-driven models for estimating carbon fluxes in the Northern Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, p. 399-413, 2007.