

ESTIMATIVA DA BIOMASSA USANDO IMAGENS DE SATÉLITE

ZIANY N. BRANDÃO¹, MARCUS V. C. BEZERRA², E BERNARDO B. SILVA³

¹ Eng^a Elétrica, Doutoranda, Recursos Naturais, UFCG, Embrapa Algodão, Camp. Grande-PB, (0xx83)3315-4355- ziany@cnpa.embrapa.br

² Físico, Doutorando em Meteorologia na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB

³ Meteorologista, Professor Doutor, Dept^o Meteorologia, UFCG, Campina Grande.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 – João Pessoa - PB

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido para teste de uma nova metodologia para determinação da biomassa acumulada acima do nível do solo, utilizando imagens do satélite Landsat 5. Para isso foram combinados dois modelos; o modelo de Monteith, que é usado para o cálculo da radiação fotosinteticamente ativa absorvida (*APAR*), e o modelo de Field, da eficiência do uso da luz (ϵ). Esses modelos foram ajustados aos valores meteorológicos padrão obtidos à superfície, para determinação dos parâmetros necessários ao balanço de energia e cálculo da biomassa. O método da *Carnegie Institution Stanford (CASA)* foi usado para determinar a eficiência do uso da luz, e o algoritmo *Surface Energy Balance Algorithm for land (SEBAL)* foi usado para descrever a variabilidade espaço-temporal em condições de umidade do solo. A conversão da biomassa acima da terra, que influencia diretamente na produtividade das culturas, e o cálculo do carbono extraído da atmosfera foram obtidos considerando-se o valor diário. A região foi dividida em quatro tipos de vegetação mais representativos da região, e foi analisada a influência do NDVI no cálculo da biomassa e do carbono. O desempenho do modelo foi satisfatório, e os valores obtidos foram comparados com a literatura.

PALAVRAS-CHAVE: SENSORIAMENTO REMOTO, BIOMASSA, NDVI, SEBAL, CASA

ESTIMATING BIOMASS USING SATELLITE IMAGES

ABSTRACT: This work was developed to experiment a new approach to find out the accumulated above ground biomass, using Landsat 5 satellite images. To reach this goal, two models were combined. Monteith's model was used for the calculation of photosynthetically absorbed active radiation (*APAR*) and Field's model was used for determining the light use efficiency. These models were adjusted with some standard meteorological measurements, to determine the parameters necessary for the energy balance and the evaluation of the biomass. The Carnegie Institution Stanford model (*CASA*) was used for determining the light use efficiency, and the surface energy balance algorithm for land (*SEBAL*) was used to describe the spatio-temporal variability in land wetness conditions. The conversion of above ground biomass, which influences crop yield directly, and the evaluation of the carbon extracted from the atmosphere has been done considering daily values. The region was divided into four kinds of vegetation chosen for being representative to the region. The influence of NDVI in the estimation of the accumulated aboveground biomass and the carbon has been also evaluated. The model performs satisfactorily and the values obtained have been compared with those found in the literature.

KEYWORDS: REMOTE SENSING, BIOMASS, NDVI, SEBAL, CASA

INTRODUÇÃO: Para a agricultura e ecologia é fundamental a compreensão da variação espacial e temporal do acúmulo de biomassa acima do solo, tanto para determinação da quantidade de carbono retido pela vegetação, como para determinação da produtividade das culturas agrícolas e a avaliação da necessidade hídrica das mesmas. Atualmente muitas pesquisas estão voltadas para métodos de determinação da biomassa que sejam precisos como os convencionais, mas que também não agredam o meio ambiente e sejam de baixo custo. Dessa forma, o uso de algumas técnicas aliadas ao

sensoriamento remoto vem se tornando uma alternativa importante para obtenção de estimativas precisas e confiáveis da atividade fotossintética em larga escala. Entretanto, para a conversão da atividade fotossintética na quantidade de biomassa acumulada, se faz necessário a estimativa da eficiência do uso da luz, bem como do cálculo da fração evaporativa diária.

Assim, o principal objetivo desse trabalho foi estimar o acúmulo da biomassa na Região de Barbalha, CE (07° 18' 40"S, 39° 18' 15"W), analisando a influência do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), no mesmo período. Para estimativa do valor da biomassa acumulada foi utilizado o modelo da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (APAR), de Monteith (1972), para vegetação verde, e o modelo de eficiência da luz de Field (1995). Para a determinação do balanço de energia e avaliação da evapotranspiração, usamos uma plataforma de parametrização de fluxos de calor baseada na análise espectral de imagens obtidas por satélites, SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), combinada ao algoritmo CASA (Carnegie Ames Stanford Approach), que calcula a APAR, e que, juntamente com dados de superfície, finaliza a estimativa da biomassa acumulada (BASTIAANSEN e ALI, 2003; BRADFORD et al, 2005; FIELD et al, 1995)

MATERIAL e MÉTODOS: Após aquisição das imagens Landsat, datadas de 29 de setembro de 2005, para a região de Barbalha, CE, foram obtidos os componentes do balanço de radiação e de energia através de modelos baseados na ferramenta de parametrização SEBAL, assim como foi feito o cálculo da radiação fotossinteticamente ativa absorvida e da biomassa, através do algoritmo CASA. Foi usado um método para determinação da relação entre a quantidade de matéria acumulada e a Radiação Fotossinteticamente Ativa-PAR (0,4-0,7 μm), que é parte da radiação solar de ondas curtas. A influência do NDVI para a biomassa acumulada foi então avaliada com os dados obtidos através de sensoriamento remoto e comparados aos dados de superfície.

No SEBAL calculamos a fração evaporativa (Λ), que é um parâmetro usado como entrada no algoritmo CASA para determinação da biomassa, conforme mostra o diagrama da Figura 1. O fluxo do calor latente (λE) associado com as perdas evaporativas é o processo dominante da troca da energia em áreas vegetadas. A radiação de ondas curtas incidente, ($R_{s\downarrow}$), fornece a energia para a fotossíntese, a transpiração e a evaporação, tornando assim o seu estudo um bom meio de estimar as trocas da energia na atmosfera.

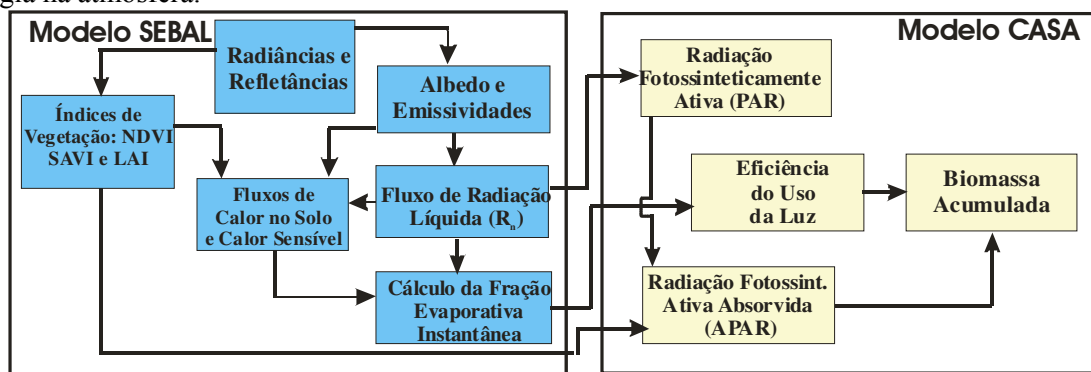


Figura 1: Uso dos modelos CASA e SEBAL para determinação da biomassa acumulada acima da superfície

DETERMINAÇÃO DO NDVI, SAVI E LAI: No SEBAL, após a obtenção das refletâncias para cada canal refletivo do satélite, como mostra a figura 1, obtêm-se alguns índices de vegetação, que servirão para determinação do fluxo de radiação (BRANDÃO et al, 2005).

FLUXO DE RADIAÇÃO: A R_n leva em consideração a radiação de ondas curtas incidente, $R_{s\downarrow}$, dada em (W/m^2), o albedo da superfície, a radiação de onda longa emitida, a radiação de onda longa incidente, e a emissividade termal da superfície.

BALANÇO DE ENERGIA: A equação do balanço de energia é dada por: $R_n = G + H + \lambda ET$ (1)

onde R_n é a radiação líquida na superfície (W/m^2), G é o Fluxo de Calor no Solo (W/m^2), H é o Fluxo de Calor Sensível (W/m^2), e λET é o Fluxo de Calor Latente (W/m^2), e são valores obtidos da imagem.

DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO EVAPORATIVA INSTANTÂNEA: A fração evaporativa instantânea, que traduz as alterações devido à umidade do solo, é considerada similar a de 24h, e é usada para calcular a evaporação real de 24h dos fluxos instantâneos do calor latente como: $\Lambda = (\lambda E / R_n - G)$ (2)

DETERMINAÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA (PAR): A Radiação Fotossinteticamente Ativa-PAR (0,4-0,7 μm) é parte da radiação de ondas curtas incidente ($R_{s\downarrow}$) (0,3-3,0 μm) e é potencialmente útil para a fotossíntese. A PAR varia principalmente com a visibilidade, a camada de ozônio e a cobertura de nuvens. Entretanto, um valor aceito para representar a PAR deve estar entre 45 e 50% do valor da $R_{s\downarrow}$ em 24 horas. Assim:

$$PAR = 0,48 \cdot R_{n24} (W/m^2) \quad (3)$$

PORÇÃO ABSORVIDA DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA (APAR): Como nem toda a PAR é absorvida, foi mostrado que a Porção Absorvida da Radiação Fotossinteticamente Ativa (APAR) se relaciona com a PAR pela seguinte equação:

$$APAR = f \cdot PAR (W/m^2) \quad (4)$$

A fração $f=APAR/PAR$ mantém uma relação não-linear com o índice de área foliar (LAI). Entretanto, alguns autores apresentaram uma aproximação linear de f , que foi derivada matematicamente das refletâncias nas faixas espectrais do vermelho e infra-vermelho próximo, dada por [BASTIAANSEN et al (2003), NAMAYAMA (2002)]:

$$f = -0,161 + 1,257 \cdot (NDVI) \quad (5)$$

Assim, f pode ser definido como a proporção da radiação disponível em faixas específicas do espectro onde a vegetação absorve a radiação fotossinteticamente ativa.

DETERMINAÇÃO DO FATOR DE EFICIÊNCIA DO USO DA LUZ ϵ : Para obtenção da biomassa acumulada, foi usado o produto da APAR pelo fator ϵ , que é a eficiência do uso da luz, e é afetada pela umidade do solo, sendo difícil de quantificar devido a sua variabilidade temporal e espacial, estando relacionada a temperatura de superfície como um indicador para o teor de umidade (BRADFORD, 2005). Assim, ϵ foi determinado considerando as variações sazonais, e também os diferentes biomas, e é dada por (FIELD, 1995):

$$\epsilon(x, t) = \epsilon' (x, t) \times T_1(x, t) \times T_2(x, t) \times \Lambda \cdot (g/MJ) \quad (6)$$

onde ϵ , é a variável corrigida no tempo e no espaço do fator de eficiência da luz, ϵ' , é o valor uniformizado máximo global dado como $2.5(g.MJ^{-1})$ e Λ é a fração evaporativa instantânea.

As temperaturas T_1 e T_2 estão relacionadas ao ajuste do crescimento da planta pela temperatura onde:

$$T_2 = 1,185 \{1 + \exp(0,2T_{opt} - 10 - T_{men})\}^{-1} \{1 + \exp[0,3(-T_{opt} - 10 + T_{men})]\}^{-1} \quad (7)$$

onde T_{opt} é a temperatura média durante o mês de máximo NDVI, e T_{men} é a média mensal da temperatura do ar. A temperatura T_1 é dada por: $T_1 = 0,8 + (0,02T_{opt}) - [0,0005(T_{opt})^2]$

$$(8)$$

DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA: Considerando a eficiência do uso da luz, ϵ , temos que a biomassa acumulada é dada por:

$$Bio_Acum = APAR \cdot \epsilon' \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \Lambda (K.g/m^2) \quad (9)$$

onde Bio_Acum é a biomassa acumulada acima do solo no período t , ϵ é o fator de eficiência da luz. A equação (9) é a base do CASA, onde foi calculada a biomassa através dos dados de sensoriamento remoto, tendo seus valores avaliados sob a influência do NDVI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O NDVI médio para as áreas vegetadas estudadas foi de 0,336, tendo variado entre 0,00056 e 0,7911, onde a APAR diária ficou na faixa de 4,84 a 121,18 (W/m^2).

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros obtidos para o dia 29 de setembro de 2005 para a região de Barbalha, CE.

Parâmetros	ϵ	NDVI	Biomassa	Carbono	APAR
Vegetação	(g/MJ)		(kg/m ²)	(t/ha)	(W/m ²)
Densa	2,704	0,718	317,695	136,609	121,179
Semi-densa	2,484	0,452	132,490	56,971	74,134
Nativa	2,178	0,272	46,181	19,858	32,788
Rala	0,612	0,177	8,032	3,454	4,846

Dividimos nossos resultados em quatro grupos de vegetação, selecionadas por faixa do NDVI, que são: vegetação densa, semi-densa, nativa e rala. A vegetação densa é uma área florestada localizada acima da chapada, enquanto que a semi-densa está em suas encostas. A maior parte da região, cerca de 62%, é coberta por vegetação nativa (arbustos), com agricultura caracterizada como c3. A vegetação rala (na maior parte gramíneas e solo semi-exposto) foi encontrada em 11% da região estudada. A imagem foi escolhida para um período de alto NDVI, e a média desse foi de 0,336. De acordo com a variação da cobertura do solo e condições de umidade, a eficiência da luz ϵ variou de 0,612 a 2,704 (g/MJ), onde usamos $\epsilon'=2,5$ g/MJ, considerando os fatores que alteram a eficiência da luz como

otimizados. O crescimento da biomassa se apresenta numa faixa de 8,0382 a 317,695 (kg/m²). Os valores médios para os parâmetros obtidos estão apresentados na Tabela 1.

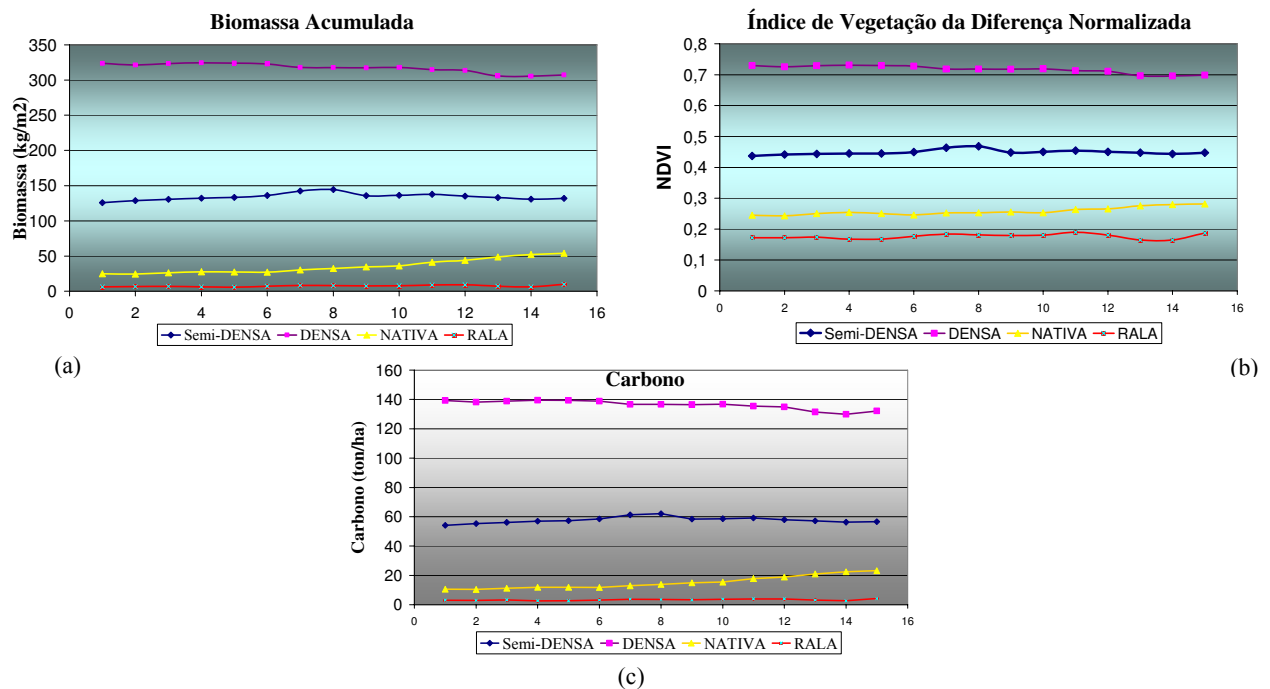


Figura 2: Valores médios extraídos das imagens, escolhidos em subconjuntos de 15 pixels para: (a) a Biomassa acumulada, (b) o NDVI e (c) o Carbono.

A Figura 2 apresenta os valores médios diário da biomassa acumulada, NDVI e carbono. Observa-se que para cada tipo de vegetação, ao aumentar o NDVI a biomassa acumulada acima da superfície é incrementada proporcionalmente. Entretanto, os valores médios entre faixas distintas do NDVI são bem diferentes, tendo-se, por exemplo, um aumento de três vezes a biomassa acumulada da vegetação semi-densa (NDVI na faixa de 0,4-0,6), com relação à vegetação nativa (NDVI na faixa 0,2-0,4). Os valores obtidos são semelhantes aos obtidos na literatura, nas mesmas faixas espectrais. A área com cobertura de árvores é responsável por aproximadamente 66% da biomassa estimada, o que explica o alto valor para a região da chapada, onde o NDVI está acima de 60%.

CONCLUSÃO: A estimativa para a eficiência do uso da luz (ϵ) através do método CASA fornece valores muito consistentes para a biomassa acumulada. Estudos posteriores podem tomar como base a variação de ϵ para diversas culturas em condições de alta evapotranspiração, como é o caso da região nordeste do Brasil. Os valores obtidos para a biomassa acumulada e o carbono foram compatíveis com a literatura, considerados as mesmas faixas espectrais selecionadas para o NDVI. O método proposto poderá ser aplicado para quaisquer satélites que possuam faixas espectrais semelhantes ao Landsat e contribuirá significativamente para a estimativa de parâmetros agrônômicos como produtividade e déficit hídrico através da determinação da biomassa, com baixo custo e sem agredir o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTIAANSEN, W.G.M e ALI, S., "A New Crop Yield Forecasting Model Based on Satellite Measurements Applied Across the Indus Basin, Pakistan. Agriculture, E&E, 94, pg.321-340, 2003.
- BRADFORD, J.B., HICKE, J.A., e LAUENROTH, W. K., "The relative importance of light-use efficiency modifications from environmental conditions and cultivation for estimation of large-scale net primary productivity". Remote Sens. of Environment, 96, pg. 246-255, 2005.
- BRANDÃO Z. N., BEZERRA, M. V. C., FREIRE, E.C. e SILVA B. B., "Determinação de Índices de Vegetação usando Imagens de Satélite para uso em Agricultura de Precisão". Anais do V Congresso Brasileiro de Algodão, V CBA, Salvador, BA, 2005.
- FIELD, C.B., RANDERSON, J.T., e MALMSTROM, C.M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. Remote Sens. of Environment. 51, 74–88, 1995.