

AVALIAÇÃO DA ESTIMATIVA DA BIOMASSA DA CULTURA DO MILHO OBTIDA COM BASE NO NDVI

Marcos A. V. Silva¹ Vanda M. Salles de Andrade²; Evandro C. de Oliveira²; Williams P. M. Ferreira³; José M. N. da Costa⁴

¹ Eng. Agrônomo MSc., Prof. Assistente UNEB, Doutorando em Meteorologia Agrícola UFV, Viçosa-MG, maavsilva@uneb.br

² Meteorologista MSc., Doutorando em Meteorologia Agrícola UFV, Viçosa-MG;

³ Meteorologista DSc., Pesquisador III Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG.

⁴ Eng. Agrônomo PhD., Professor Titular UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: O presente estudo visou trabalhar com as informações do NDVI (*Normalized DifferenceVegetation Index*), das bandas 1 e 2, das imagens digitais de sensor MODIS, a fim de avaliar, no dossel de milho, a dependência do comportamento do IAF (índice de área foliar) com o espectral, bem como estimar a MSTa (matéria seca total da parte aérea) produzida a partir do NDVI. O NDVI, ao longo do ciclo do milho, acompanhou o mesmo comportamento do IAF, se correlacionando fortemente com ele. Sobre esta relação, foi gerado o modelo de Monteith que estimou a MSTa em função da RFA_int (radiação fotossinteticamente ativa interceptada), a qual foi estimada com base no NDVI. Verificou-se uma boa correlação dos dados de MSTa medidos em campo com os estimados pelo modelo, sendo este aplicável para as condições de solo, cultura e clima estudados. **PALAVRAS-CHAVE:** Milho, NDVI, índice de área foliar.

ASSESSMENT OF BIOMASS ESTIMATION OF MAIZE CROP BASED NDVI

ABSTRACT: The present study it aimed to work the information of NDVI (*Normalized DifferenceVegetation Index*), composed of two spectral bands, from sensor images MODIS, in order to evaluate the behavior of LAI (leaf area index), in the canopy of maize, related with its spectral, and estimate DMA (dry matter aerea) generated from NDVI. The NDVI along the maize cycle, followed the same behavior of IAF, is strongly correlated with it. In this respect, the model was generated from model's Monteith to estimate DMA based on PAR_int (photosynthetically active radiation intercepted), which was based on the NDVI. There was a good correlation of DMA data measured in field with those estimated by the model, which is applicable to conditions of soil, climate and crop studied. **KEY WORDS:** Corn, NDVI, leaf area index

INTRODUÇÃO: A radiação solar interceptada por um cultivo e ainda, o saldo do balanço de radiação na cultura, desempenham um papel fundamental no microclima em que as plantas crescem, determinando qual a energia disponível para os processos fisiológicos associados com a produção de biomassa. Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA & MACHADO, 1987). O IAF (índice de área foliar) é uma das principais características de um dossel e está relacionado com vários processos fisiológicos da planta, e pode ser considerado o parâmetro agrônômico que melhor se relaciona com a reflectância de uma cobertura vegetal (SOARES et al. 2001). Em estudos de monitoramento do crescimento vegetal, freqüentemente é buscado o estabelecimento de relações entre o padrão de evolução do crescimento das plantas ao longo do tempo com o

padrão de evolução temporal do NDVI (IVDN ou mais freqüentemente NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*), determinado a partir da razão entre a diferença e a soma das refletâncias nas bandas do visível e do infravermelho. Este índice tem, em geral, associação direta com algumas variáveis agronômicas como altura de planta, índice de área foliar, matéria seca, grau de cobertura do solo e interceptação de radiação solar, entre outros (ANTUNES et al., 1993; FONSECA, 2000). O objetivo desse trabalho foi avaliar as relações envolvendo o NDVI com os parâmetros da planta IAF, e o uso desse índice espectral na estimativa de biomassa ao longo do ciclo do milho BR 106, cultivado sob plantio direto.

MATERIAIS E MÉTODOS: A pesquisa foi desenvolvida em um *pivot* de 38 ha no CNPMS (Embrapa), Sete Lagoas-MG, cultivado com a variedade de milho BR 106. A semeadura foi realizada no dia 03 de outubro de 2008, utilizando um espaçamento de 0,20m entre plantas e 0,70m entre linhas, com uma densidade final de aproximadamente 55.000 plantas por hectare. A irrigação foi realizada sempre que necessária para manter a umidade do solo nas condições adequadas. Numa área de controle dentro do *PIVOT*, com dimensões de 90m x 90m, em intervalos de oito dias, a partir da emergência, foram coletadas 20 plantas para determinar a matéria seca aérea (MSTa) e área foliar (AF). Nestas coletas, os valores de MSTa e AF foram obtidos pela média dos valores encontrados. Para obter a biomassa seca material foi colocado em estufa com circulação de ar forçada, à temperatura de aproximadamente 65°C até atingir massa constante. A determinação da área foliar foi feita com um planímetro ótico modelo *LI 3000, Licor, Lincoln*, EUA. Os dados de área foliar, representativos de 0,70 m², foram convertidos para valores correspondentes à área de 1,0 m² de terreno. As massas secas obtidas das partes das plantas e a massa seca total foram convertidas em biomassa por m² (produtividade biológica). Para a estimativa da massa de matéria seca aérea produzida, relativa ao período de crescimento, foi empregada a função logística (PEREIRA e MACHADO, 1987), utilizando-se um programa interativo para minimizar a variância residual.

O cálculo do NDVI (ROUSE et al. (1973), foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V) e a soma das mesmas (ALLEN et al., 2002):

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (\text{Eq.1})$$

Foram utilizadas seis imagens do sensor MODIS do Satélite TERRA, compostas de duas bandas espectrais (1 e 2), filtradas no período de 29/10/2008 a 31/01/2009, pois a evolução sazonal do NDVI medido sobre plantações está diretamente ligada às condições de nebulosidade e da vegetação, e, assim sendo, foram escolhidas as imagens dos dias que em que o brilho solar se apresentou com valor maior que 10 h diárias. Inicialmente foi utilizado o *software MODIS Reprojection Tool* para transformação das imagens com extensão HDF para formato TIF. Posteriormente para fins de visualização e realização de operações matemáticas, recortes, classificação, realce e outras tarefas, foi utilizada, como ferramenta de programação, o *Model Maker* do *software* ERDAS 9.1

A radiação fotossinteticamente ativa interceptada foi calculada a partir da metodologia proposta por VARLET-GRANCHER et al. (1989):

$$RFAI = 0,95(RFA_{inc})\epsilon_{inc} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que $RFAI$ = radiação fotossinteticamente ativa interceptada ($MJ.m^{-2}$); ϵ_{inc} = eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. Para a estimativa da ϵ_{inc} foi utilizada a seguinte equação:

$$\epsilon_{inc} = 1 - e^{-KIAF} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: “K”= coeficiente de extinção, adimensional. O valor do parâmetro K de acordo com BARROS (1998) é de 0,65 para o milho.

Para a estimativa da produção de MSTa foi utilizada a equação proposta por MONTEITH (1977):

$$MSTa = \alpha \Sigma RFAI \quad (\text{Eq. 3})$$

em que α é a eficiência de conversão da radiação RFAI em biomassa seca produzida.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

De posse dos valores oriundos das imagens e dos dados coletados em campo foram gerados os gráficos com a evolução do NDVI e do IAF (Figuras 1a). Observa-se, em relação ao comportamento espectral, que os dados, de uma maneira geral, tenderam a uma diminuição nos valores de resposta dos índices NDVI quando chegou o final do ciclo, sendo acompanhado pelo IAF. Tal fato, segundo Machado e Lamparelli (2007), reforça a discussão a respeito do comportamento da resposta espectral no estágio de crescimento vegetativo, onde é maior a quantidade de área foliar, a atividade fotossintética e o acúmulo de água no mesófilo da folha enquanto que, no estágio de maturação se apresenta com maior senescência das folhas, menor atividade fotossintética e menor acúmulo de água no mesófilo da folha. Ao estabelecer uma relação entre IAF e NDVI o parâmetro r^2 da regressão polinomial (ajustado) entre os dois valores alcançou o valor de 0,80, com uma correlação de 0,9208 indicando uma forte relação entre os dois valores (Figura 1b). Os coeficientes dessa regressão foram significativos a 1 % (teste F).

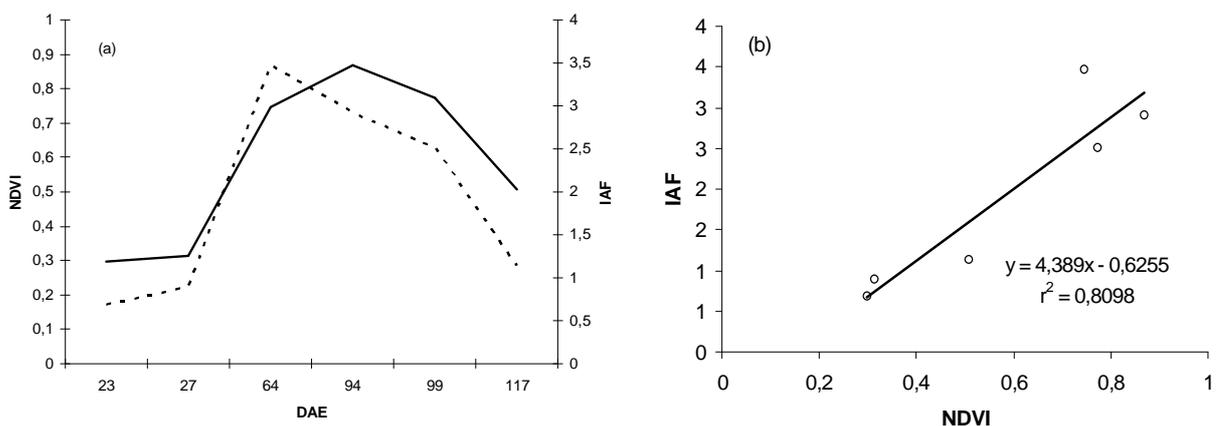


Figura 1. a) Evolução do IAF e o NDVI para o ciclo de cultivo do milho; e b) NDVI em função do IAF.

Segundo CARON et al., (2002) a eficiência α pode ser calculada por meio da regressão linear entre a MSTa e a RFAI_{ac} (radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada) envolvida na produção da biomassa. O valor de α , dado pelo coeficiente angular, representa a quantidade de biomassa formada para cada unidade de energia interceptada. Por meio da Figura 2 observa-se uma relação linear positiva entre MSTa e a RFAI_{ac}

apresentando um padrão de resposta crescente de MSTa em função do acréscimo da radiação fotossinteticamente ativa.

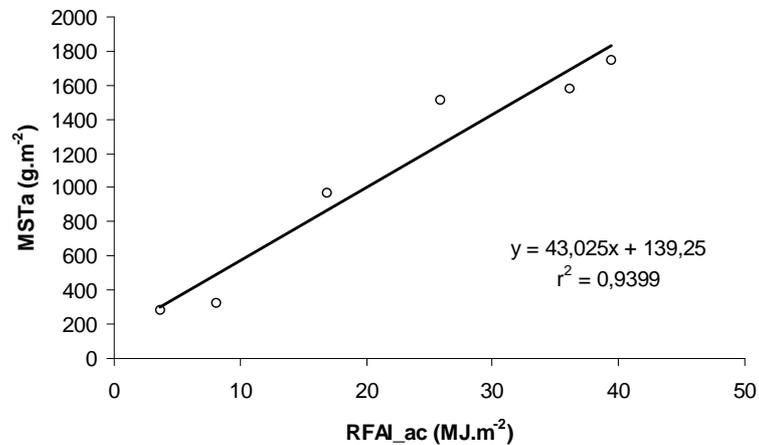


Figura 2. Produção da MSTa, em razão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAI_{ac}) pelo milho BR 106 obtido com valores de IAF estimados pelo NDVI.

Na Figura 3a estão ilustrados os resultados da produção biológica da MSTa, observados e simulados pelo modelo simplificado de Monteith, em função dos DAE (dias após a emergência). Os dados simulados foram calculados utilizando $\alpha = 43,025 \text{ MJ.m}^{-2}$, oriundo da RFAI_{ac}, obtida pelo IAF estimado do NDVI. De maneira geral, o comportamento da evolução da MSTa estimada apresentou valores que promoveram a uma superestimativa no início do período vegetativo e no final do ciclo, por ocasião da maturação fisiológica. No entanto a tendência de aumento da biomassa acumulada ao longo do ciclo foi acompanhado pelo modelo. Verifica-se, com 0,9399, que o parâmetro r^2 da regressão linear indica um bom ajuste dos valores estimados pelo modelo simplificado de *Monteith* (Figuras 3b).

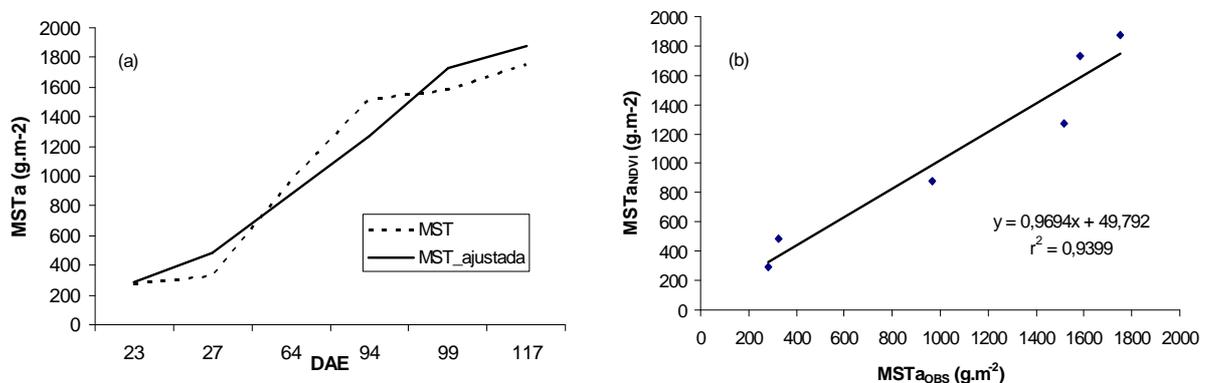


Figura 3. a) Comportamento da MSTa observada e estimada, ao longo do ciclo do milho BR 106; e b) Regressão linear entre MSTa observada e estimada.

CONCLUSÃO: O NDVI, ao longo do ciclo do milho, acompanhou o mesmo comportamento do IAF, se correlacionando fortemente com ele. Verificou-se também, uma boa correlação dos dados de MSTa medidos em campo, com os estimados pelo modelo de Monteith, o qual foi calculado em função da RFA_int (obtida pelo IAF estimado do NDVI), sendo este aplicável para as condições de solo, cultura e clima estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, M. A. H.; ASSAD, E. D.; BATISTA, G. T. Variação das Medidas Espectrais Tomadas com Espectrorradiômetro ao Longo do Ciclo de Crescimento de Soja (*Glycine max (L.) Merril*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. Curitiba, **Anais...** Curitiba: INPE, 1993. v. 2, p. 01-09.

BARROS, A. H. C. **Análise do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura do milho (*Zea Mays L.*): Experimentos e modelos**. Viçosa: UFV, 1998. 85p. Dissertação Mestrado

CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; MEDEIROS, S. L. P.; HELDWEIN, A. B.; MAFRON, P. A. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.215-219, 2002.

FONSECA, E. L. **Caracterização Espectral de Vegetação em *Paspalum notatum* Flugge var. *Notatum* com vistas à Modelagem de Crescimento**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dissertação de Mestrado). 60p. 2000.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production en Britain. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, London, n. 281, p. 277-294, 1977

MACHADO, H; LAMPARELLI, R. A. C. Desenvolvimento metodológico para amostragem em cana-de-açúcar, considerando a resposta espectral da biomassa em imagens orbitais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.59, v.02, agosto 2007.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. R. **Análise Quantitativa do Crescimento de Comunidades Vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1987. 33p

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. NASA/GSFC: Greenbelt, MD, 1973. 371 p. (Type III, Final Report).

SOARES, J. V.; XAVIER, A. C.; ALMEIDA, A. C. de. Balanço de água em Eucaliptus com a caracterização do dossel por técnicas de Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. Foz do Iguaçu. **Anais....** CD-ROM. 2001.

VARLET-GRANCHER C. GOSSE, G. ; CHARTIER, M. et al. Mise au point: rayonnement solaire absorbé ou intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, Paris, v. 9, p. 419-439, 1989.