

Avaliação de dois métodos para estimativa do índice de área foliar em Floresta de transição Amazônia-Cerrado

Segundo Durval Pereira de Resende¹, Francisco de Almeida Lobo², Higo José Dalmagro¹, Marcelo Sacardi Biudes¹, Osvaldo Borges Pinto Júnior¹, José de Souza Nogueira¹, George Louis Vourlitis³

¹Progragam de pós graduação em Física Ambiental/IF

²Programa de pós graduação em Agricultura Tropical/FAMEV
Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT

³California State University San Marcos, San Maracos, USA
e-mail: higojdalmagro@gmail.com

Resumo

A estimativa do índice de área foliar em ecossistemas florestais amazônicos é realizada, em sua maioria, por métodos que incluem um balanço de intensidade e qualidade de radiação eletromagnética, transmitida dentro de um dossel. Para aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos, há necessidade de se testar alternativas de estimativa do índice de área foliar. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi testar um método alternativo ao de Monsi e Saeki (1953), proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984). As análises comparativas foram realizadas com medidas de radiação fotossinteticamente ativa, obtidas durante o ano de 2003 em uma torre micrometeorológica, instalada em uma área de Floresta de transição Amazônia-Cerrado. O método proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984) forneceu valores da fração de radiação interceptada significativamente diferentes do método de Monsi e Saeki (1953). Apesar de não verificada qualquer diferença significativa entre o índice de área foliar calculado por ambos os métodos, o método alternativo apresenta limitações para seu emprego em ecossistemas florestais. Sendo assim, mais estudos em diferentes ecossistemas florestais são necessários para confirmar a utilização de ambos os métodos.

Palavras-chave: radiação interceptada, índice de área foliar, floresta de transição Amazônia-Cerrado.

Abstract

The estimated leaf area index in Amazonian forest ecosystems

has been held, in majority, by methods that include intensity and quality balance of electromagnetic radiation transmitted through the canopy. To increase the results reliability, it is necessary to test alternatives to estimate the leaf area index. Thus, the objective of this paper was to test an alternative method to Monsi and Saeki (1953), proposed by Charles-Edwards and Lawn (1984). The comparative analyses were performed with data of photosynthetic active radiation obtained from a micrometeorological tower installed in a transitional area of the Amazonian forest to Savannah in 2003. The method proposed by Charles-Edwards and Lawn (1984) supplies values of the fraction of radiation intercepted significantly different from the Monsi and Saeki (1953) method. Although it has not been observed any significant difference between the leaf area index calculated by both methods, the alternative method presented limitations to be used in forest ecosystems. Therefore, further studies in different forest ecosystems are needed to confirm the use of both methods.

Keywords: intercepted radiation, leaf area index, transitional semideciduous forest.

Introdução

O índice de área foliar (*IAF*) é definido como a razão entre a área total de folha e a superfície no terreno coberta por estas folhas. Ele é um componente principal dos ciclos biogeoquímico de um ecossistema por também determinar o microclima abaixo e acima do dossel, controlar a interceptação da água, extinção da radiação e as trocas gasosas de água e carbono. Além disso, é um parâmetro de entrada em vários modelos de simulação de processos microclimáticos.

A estimativa desse índice pode ser realizada por diferentes métodos (Gower et al., 1999). Os métodos diretos necessitam da retirada de amostra de folhas, modificando o ambiente de estudo (Nackaertset al., 2000). Enquanto que, os métodos indiretos baseiam-se na medida da interceptação da luz, não modificando o ambiente de estudo e podendo, ainda, ser realizado ao longo de todo período de experimento (Bréda, 2003).

Estimativas do *IAF* de ecossistemas naturais, sobretudo de florestas, geralmente são baseadas na interceptação da radiação solar incidente ou da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel, de acordo com a Lei de extinção de Lambert-Beer (Monsi e Saeki 1953). A determinação dessa interceptação da radiação é realizada normalmente com sensores de radiação instalados em diferentes alturas. Esses cálculos são pontuais e podem ser tendenciosos, caso o ponto escolhido para a instalação não seja representativo do ambiente.

Métodos alternativos que possibilitem ampliar as amostragens de

radiação interceptada podem auxiliar na estimativa de um valor mais representativo que medidas pontuais (Bréda, 2003).

A maioria dos trabalhos desenvolvidos em ecossistemas florestais amazônicos utiliza o método da estimativa da transmitância da luz no dossel para estimar o *IAF*. Há, portanto, a necessidade de alternativas para aumentar a confiabilidade dos resultados, uma vez que, em trabalhos sobre balanço de carbono e energia (Vourlitis, 2002), produção (Xavier e Vettorazzi, 2003), acúmulo e decomposição de serrapilheira (Sanchez, 2008), intercâmbio gasoso (Müller et al., 2005), a consideração do valor representativo do *IAF* do dossel é de elevada importância.

Charles-Edwards e Lawn (1984) propuseram um método alternativo para estimar a fração da radiação interceptada pelo dossel com base unicamente nos valores da radiação interceptada durante o meio-dia solar. Apesar de esses autores afirmarem que seu método é apropriado para ambientes nos quais a variabilidade espacial do *IAF* é elevada, eles trabalharam apenas com cultivos agrícolas, quais sejam, *Glycinemax* (soja), *Vignamungo* (feijão mungo) e *Vignaangularis* (feijão azuki), em que há maior homogeneidade que em ecossistemas florestais.

Considerando os aspectos citados anteriormente, este trabalho teve como objetivo a avaliação do método de estimativa do *IAF* proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984) em contraste com o de Monsi e Saeki (1953).

Materiais e métodos

Descrição área de estudo

A área experimental se situa a aproximadamente 60 km da cidade de Sinop, Mato Grosso, Brasil, 11°24,75' S; 55°19,50' W, 320 m sobre o nível do mar, em uma área de Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, onde se encontra instalada uma torre micrometeorológica (Vourlitis, 2002; Priante et. al., 2004; Miranda et al., 2005).

A vegetação consiste em espécies arbóreas, semidecíduais, com espécies características da Floresta de Transição Amazônica, como *Tovomitaschomburkii*, *Qualeaparaensis*, e *Brosimumlactescens* (Miranda et al., 2005).

A região apresenta sazonalidade característica com um período seco de junho a agosto e um período úmido de dezembro a fevereiro, sendo o período de março a maio compreendido como de transição úmido-seco, e o período de setembro a novembro de seco-úmido. A temperatura média anual na região é aproximadamente 24,8° C e a precipitação de 2200 mm/ano (Vourlitis et. al., 2002)

O solo foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órticopíptico A moderado álico, com profundidade de 0,50 cm e textura arenosa com 83,6% de areia, 4,4% de silte e 2,2% de argila. Estes solos, além de bastante arenosos, são pobres em nutrientes, têm alta porosidade e drenam rapidamente a saturação provocada por fortes chuvas (Priante et. al., 2004).

Coleta e tratamento nos dados originais

Os dados de radiação fotossinteticamente ativa foram coletados entre janeiro de 2003 e dezembro de 2003 por meio de transdutores de densidade de fluxo fótico na faixa de comprimento de onda de 400 a 700 nm, modelo LI-190SB (LI-COR, Lincoln, Nebraska, USA), instalados acima (40 m, sendo um sensor para radiação incidente e outro para a refletida) e um abaixo do dossel da floresta (1 m, somente para radiação incidente). Os dados foram registrados a cada 30 minutos em um registrador, modelo CR 10X (Campbel, Logan, UT, USA). Todos os valores instantâneos da radiação fotossinteticamente ativa foram submetidos a uma correção pela sensibilidade dos sensores. Assim, valores iguais ou inferiores a $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foram considerados nulos.

Para realizar a estimativa da fração de radiação interceptada pelo dossel pelo método de Monsi e Saeki (1953), os dados instantâneos foram integrados para totalizar a radiação diária acima e abaixo do dossel. Por outro lado, apenas os dados instantâneos das 12h e 30min (horário local) foram empregados para realizar a estimativa da fração da radiação interceptada pelo método alternativo proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984).

Estimativa da fração de radiação interceptada e do índice de área foliar pelo Método de Monsi e Saeki (1953)

A fração de radiação interceptada foi calculada a partir dos valores diários acumulados da radiação fotossinteticamente ativa, acima e abaixo do dossel, de acordo com a Equação 1.

$$f_c = \frac{(I_o - I_{or}) - I}{(I_o - I_{or})} \quad (1)$$

em que f_c é fração de radiação interceptada (%), segundo Monsi e Saeki (1953), I_c a radiação fotossinteticamente ativa diária incidente no topo do dossel ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), I_{or} a radiação fotossinteticamente ativa diária refleti-

da pelo dossel ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a I_o radiação fotossinteticamente ativa diária transmitida pelo dossel ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

O índice de área foliar foi estimado pela fração interceptada (Equação 2).

$$IAF = \frac{\ln(1 - f_c)}{-K} \quad (2)$$

em que IAF é o índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$), f_c a fração de radiação interceptada e o K o coeficiente de extinção do dossel ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$).

O coeficiente de extinção (K) foi estimado a partir do ângulo de elevação do sol (Beer, 1990), de acordo com o método proposto por Goudriaan (1988). Nesse caso, o valor de K é instantâneo, variando com a elevação do sol. Assim, para estimar o IAF , tomou-se o valor médio diário de K , considerando apenas aqueles valores dentro dos limites de ângulo da altura solar superiores a 20° .

$$K = \frac{O}{\text{sen } \beta} \quad (3)$$

em que K é o coeficiente de extinção do dossel instantâneo ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$), O é o valor médio da projeção das folhas na direção dos raios solares ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$; Equação 4) e o $\hat{\alpha}$ a altura do sol acima do horizonte (Equação 8).

$$O = 0,134 \cdot O_1 + 0,366 \cdot O_2 + 0,5 \cdot O_3 \quad (4)$$

As variáveis O_1 , O_2 e O_3 ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$) foram obtidas pelas Equações 5, 6 e 7, respectivamente.

$$O_1 = \max(0,26; 0,93 \times \text{sen} \beta) \quad (5)$$

$$O_2 = \max(0,47; 0,68 \times \text{sen} \beta) \quad (6)$$

$$O_3 = 1 - 0,268 \cdot O_1 - 0,732 \cdot O_2 \quad (7)$$

A altura do sol, acima do horizonte ($\hat{\alpha}$ em graus), obtida pela Equação 8, é função do ângulo zenital (Z em graus), obtido pela Equação 9.

$$\beta = 90 - Z \quad (8)$$

$$Z = \arccos(\text{sen } \phi \times \text{sen } \delta + \cos \phi \times \cos \delta \times \cos h) \quad (9)$$

em que ϕ é a latitude local ($-11,3792^\circ$), δ a declinação solar (graus), obtida pela Equação 10 e h é o ângulo horário (graus), obtido pela Equação 11. Nessas equações, foram utilizados o dia Juliano (D), entre 1 d" D d" 365 e o tempo solar (T_s), obtido pela Equação 12.

$$\delta = 23,45 \times \text{sen} \left[360 \times \frac{(284 + D)}{365} \right] \quad (10)$$

$$h = 15 \times (T_s - 12) \quad (11)$$

$$T_s = T_{st} + \frac{L_{st} - L}{15} + E \quad (12)$$

em que T_s é o tempo solar (horas), o T_{st} é o tempo no horário oficial (horas), o L_{st} longitude padrão que estabelece o horário oficial (igual a 60°), L longitude local (igual a $55,323^\circ$) e E a equação do tempo, obtida pela Equação 13, relativizando o dia Juliano (D) em graus (Equação 14).

$$E = 9,87 \times \text{sen}(2B) - 7,53 \times \cos B - 1,5 \times \text{sen}B \quad (13)$$

$$B = \frac{360 \times (D - 81)}{364} \quad (14)$$

Estimativa da fração de radiação interceptada e do índice de área foliar pelo Método de Charles-Edwards e Lawn (1984).

O método proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984) consiste na estimativa da fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada diariamente pelo dossel, por meio de valores instantâneos da radiação fotossinteticamente ativa ao meio-dia solar (Equação 15). Obtido o valor desta variável, o *IAF* foi calculado pela Equação 2.

$$f_a = \frac{2 \cdot \left(\frac{(I_{o(12)} - I_{o(12)r}) - I_{(12)}}{(I_{o(12)} - I_{o(12)r})} \right)}{\left[1 + \left(\frac{(I_{o(12)} - I_{o(12)r}) - I_{(12)}}{(I_{o(12)} - I_{o(12)r})} \right) \right]} \times 100 \quad (15)$$

em que o f_a é fração da radiação fotossinteticamente ativa interceptada diariamente pelo dossel (%), segundo Charles-Edwards e Lawn (1984), $I_{o(12)}$ radiação fotossinteticamente ativa incidente no nível superior do dossel durante o meio-dia ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), $I_{o(12)r}$ radiação fotossinteticamente ativa refletido pelo dossel durante o meio-dia ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), $I_{(12)}$ radiação fotossinteticamente ativa transmitida pelo dossel durante o meio-dia ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Análises estatísticas

A comparação dos métodos foi efetuada mediante um teste *t* para médias pareadas, associado a uma análise de regressão linear, empregando-se os pares de dados diários da fração de radiação interceptada pelo dossel e do índice de área foliar. Em tese, se dois métodos fornecerem a mesma informação, não haverá diferença significativa entre eles pelo teste *t* e o coeficiente angular da reta não deverá diferir estatisticamente da unidade e o coeficiente linear, de zero, na regressão ajustada para os pares de dados obtidos por esses métodos.

Resultados e discussão

Os valores médios diários do coeficiente de extinção (*K*) obtidos na área experimental podem ser visualizados na Figura 1. A restrição imposta de se considerar apenas ângulos de altura solar iguais ou superiores a 20° foi feita pelo fato de que os valores de *K*, calculados para ângulos menores, foram superestimados, justamente devido à elevada inclinação dos raios solares. Para essa condição, o horário local em que foram efetuadas as determinações da variável situou-se entre as 7h e às 16h e 30min. Dentro dos limites estabelecidos, o valor médio anual de *K* foi igual a $0,74 \pm 0,04$ (média \pm desvio padrão), sendo que o maior valor foi 0,83 e o menor 0,68 $m^2 m^{-2}$.

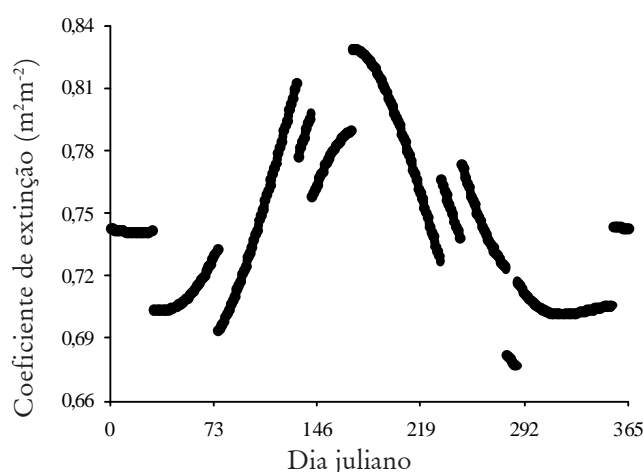


Figura 1. Dinâmica anual dos valores médios diários do coeficiente de extinção (*K*) do dossel da Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, Brasil.

A fração de radiação fotossinteticamente ativa, interceptada pelo dossel da floresta (f), pelo método de Charles-Edwards e Lawn (1984), diferiram fundamentalmente em dois momentos durante o ano daqueles obtidos pelo método de Monsi e Saeki (1953) (Figura 2).

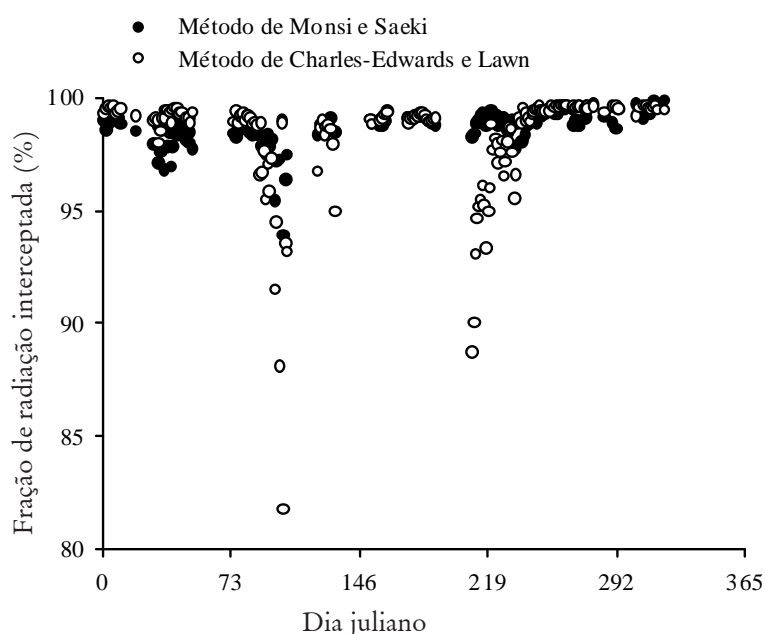


Figura 2. Dinâmica anual dos valores da fração de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel pelos dois métodos na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, Brasil.

Pelo fato de haver diferenças na estimativa de f entre ambos os métodos, esse aspecto se reflete diretamente na estimativa do IAF (Figura 3), ou seja, existe um padrão de diferença entre os métodos.

Os valores da fração de radiação interceptada, obtidos pelo método de Charles-Edwards e Lawn (1984), diferiram daqueles obtidos pelo método de Monsi e Saeki (1953) pelo teste t para médias pareadas ($p = 0,004954$). Essa diferença, contudo, não foi sistemática, mas sim aleatória, apresentando tanto valores superestimados quanto subestimados (Figura 4).

Os resultados obtidos neste trabalho diferiram daqueles obtidos pelos próprios autores Charles-Edwards e Lawn (1984) e por outros que se utilizaram desse mesmo método, como Aguirrezábal et al. (2003). A hipótese, nesse caso, para tal diferença, possivelmente reside no fato de que esses autores trabalharam com espécies agrícolas, com padrão de copa defi-

nido e uma variabilidade espacial da geometria do dossel inferior à encontrada na floresta de transição. Além disso, os valores da f pelo método de Charles-Edwards e Lawn (1984) foram obtidos ao meio-dia local, enquanto que, pelo método de Monsi e Saeki (1953), esses valores foram obtidos pela média diária da f a cada 30 minutos.

Apesar de existir diferença significativa nas estimativas da f pelos dois métodos, não houve diferença significativa nos valores do IAF , obtidos por ambos os métodos analisados pelo teste t ($p = 0,3983$).

Mesmo tendo demonstrado não haver diferença significativa pelo teste t entre as médias do IAF obtidas por ambos os métodos analisados, esse aspecto não pode ser conclusivo para a aceitação do método alternativo como apropriado para a estimativa dessa variável. Outro aspecto, como a própria variabilidade das diferenças com valores superestimados e valores subestimados (Figura 5), demonstra o baixo número de dados originais passíveis de serem explicados pelo modelo ($R^2 = 0,3432$).

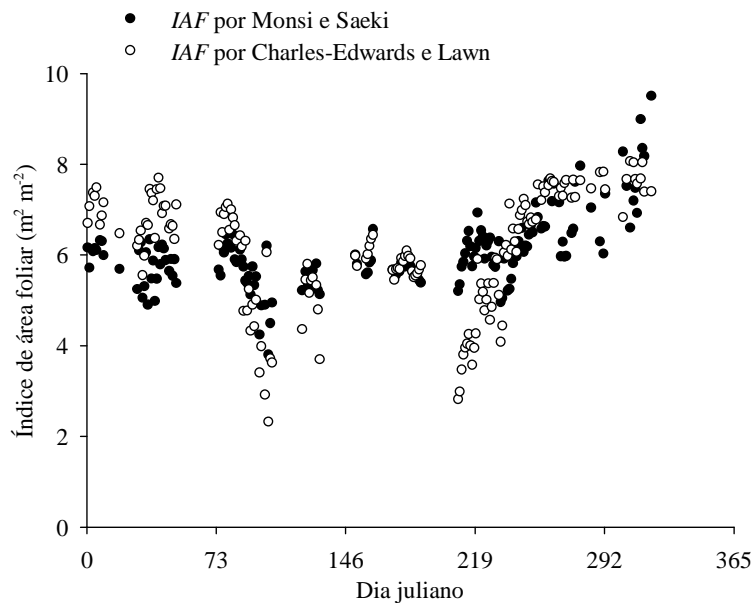


Figura 3. Dinâmica anual dos valores do índice de área foliar do dossel pelos dois métodos na Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, em Sinop, Mato Grosso, Brasil.

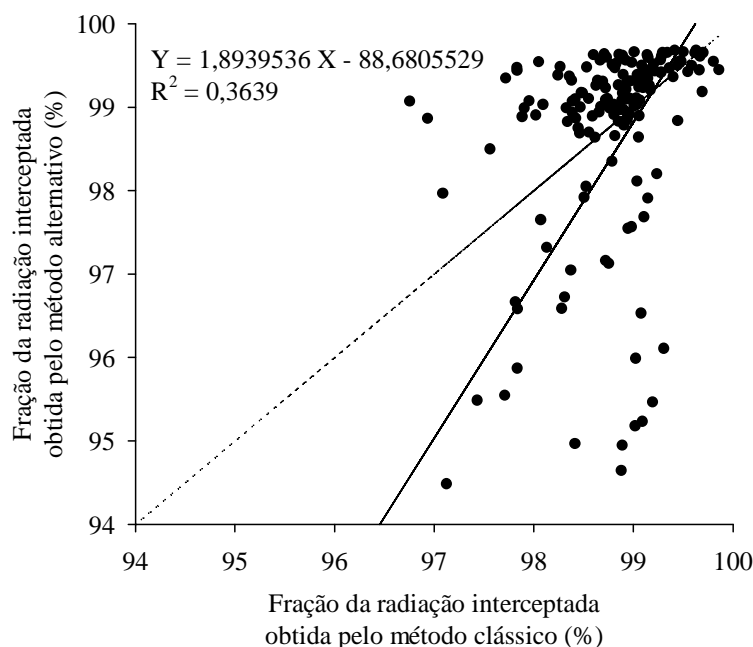


Figura 4. Contraste entre os valores das frações de radiação interceptada, obtidos pelos métodos de Monsi e Saeki (1953) e de Charles-Edwards e Lawn (1984). Nota: a linha contínua é a da regressão e a pontilhada, a linha em que $Y = X$.

Foi realizado o teste de normalidade dos resíduos e verificada a distribuição aleatória deles contra os valores de *IAF* estimados, demonstrando que a regressão e o teste *t* apresentam-se adequados a esses pressupostos.

A relação entre a dinâmica do ecossistema e da atmosfera é difícil de ser mensurada (Sanches et al., 2008), causada, principalmente, pela variabilidade espacial (padrão estrutural, estratificação e homogeneidade) e temporal (ciclos anuais e inter-anuais).

Charles-Edwards e Lawn (1984) comentam em seu trabalho que o método por eles proposto é útil na condição de um dossel heterogêneo. Os cultivos, com os quais os autores trabalharam, tratam-se de cultivos agrícolas, cuja heterogeneidade pode ser discutível, sobretudo quando comparada com uma condição de floresta, na qual a heterogeneidade é, sem dúvida, muito maior. Esse fator pode influenciar nos valores da *f* por apresentar diferenças fisiológicas entre espécies. Além disso, a medida da *f* em horários distintos pelos dois métodos pode ter influência da nebulosidade e a contribuição de galhos e troncos nas estimativas de *IAF* (Bréda, 2003).

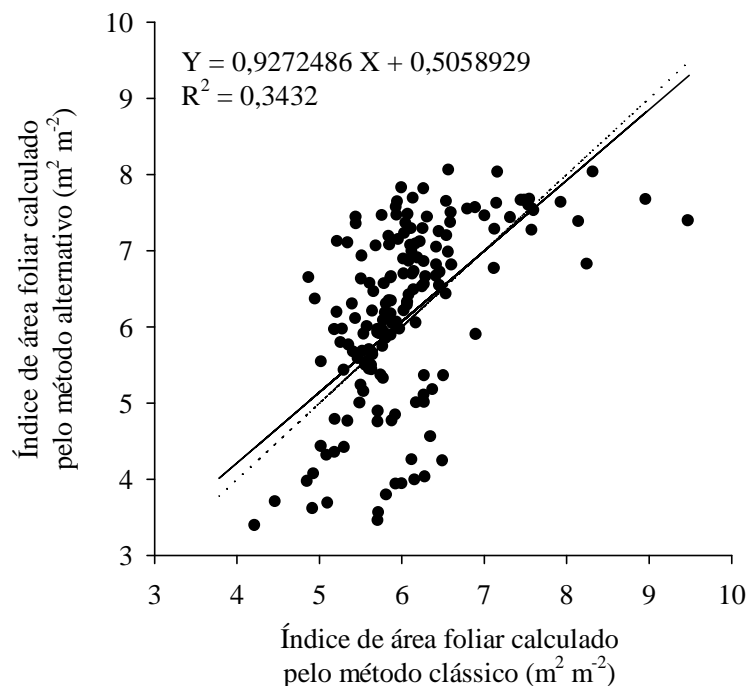


Figura 5. Contraste entre os valores dos índices de área foliar, obtidos pelos métodos de Monsi e Saeki (1953) e de Charles-Edwards e Lawn (1984). Nota: a linha contínua é da regressão e a pontilhada, a linha em que $Y = X$.

Conclusões

O método proposto por Charles-Edwards e Lawn (1984) não se mostrou capaz de produzir valores da fração de radiação interceptada pelo dossel, similares àqueles obtidos pelo método de Monsi e Saeki (1953). Entretanto, o índice de área foliar pelos dois métodos não apresentaram diferença significativa na condição do estudo.

Apesar de não verificada qualquer diferença significativa entre o índice de área foliar calculado por ambos os métodos, o método alternativo apresenta limitações para seu emprego em regiões de transição Amazônia-Cerrado. Sendo assim, mais estudos, em diferentes ecossistemas florestais, são necessários para confirmar a utilização de ambos os métodos, utilizando uma série de dados maior do que a utilizada neste trabalho.

Literatura citada

- Aguirrezábal, L. A. N., Lavaud, Y., Dosio, G. A. A., Izquierdo, N. G., Andrade, F. H., González, L. M. Intercepted Solar Radiation during Seed Filling Determines Sunflower Weight Per Seed and Oil Concentration. **Crop Science**. v.43, p.152-161, 2003.
- Beer, T. Applied environmetrics meteorological tables. **Applied Environmetrics**. Victoria, Australia.1990.
- Bréda, N.J.J. Ground-based measurements of leaf área index: a review of methods, intruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**. v.54, n.393, p.2403-2417, 2003.
- Charles-Edwards, D.A.; Lawn, R.J. Light interception by grain legume row crops. **Plant, Cell and Environment**. v.7, p.247-251, 1984.
- Goudriaan, J. The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.43, p.155-169, 1988.
- Gower ST, Kucharik CJ, Norman JM. Direct and indirect estimation of leaf area index, f_{APAR} , and net primary production of terrestrial ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, v.70, p.29-51, 1999.
- Miranda, E.J.; Vourlitis, J.L; Filho, N.P; Priante, P.C.; Campelo Junior, J.H.; Suli, G.S.; Fritzen, C.L.; Lobo, F. De A.; Shiraiwa, S. Seazonal variation in the leaf gas exchange of tropical forest trees in the rain forest-savanna transition of the southern Amazon Basin. **Journal of Tropical Ecology**. v.21, p.451-460, 2005.
- Monsi, M.; Saeki, T. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften, seine Bedeutung für die Stoffproductkion. **JapaneseJournalofBotany**. v.14, p.22-52, 1953.
- Müller, A.G.; Bergamaschi, H.; Bergonci, J.I.; Radin, B.; França, S.; Silva, M.I.G. Estimativa do Índice de Área Foliar do Milho a partir da Soma de Graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.1, p.65-71, 2005.
- Nackaerts, K.; Coppin, P, Muys, B.; Hermy, M. Sampling methodology for LAI measurements with LAI-2000 in small forest stands. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.101, n.4, p.247-250, 2000.
- Priante, F. N., Hayashi, M. S., Nogueira, J. S., Campelo Jr., J. H., Nunes, P. C., Souza, L. S., Couto, E. G. Hoeger, W., Raiter, F., Trienweiler, J. L., Miranda, E. J., Priante, P. C., Pereira, L. C., Biudes, M. S., Fritzen, C. L., Lacerda, M., Suli, G. S., Shiraiwa, S., Silveira, M., Vourlitis, G. L.

Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and mature transitional tropical forest of the southern amazon basin during the wet-dry season transition. **Global Change Biology**, v.10, p.863-876, 2004.

Sanches, L.; Andrade, N.L.R.; Nogueira, J.S.; Biudes, M.S.; Vourlitis, G.L. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia Cerrado em diferentes métodos de estimativa. **Ciência e Natura**, v.30, n.1, p.57-69, 2008.

Sanches, L.; Valentini, C.M.A.; Pinto Júnior, O.B.; Nogueira, J.S.; Vourlitis, G.L.; Biudes, M.S.; Silva, C.J.; Bambi, P.; Lobo, F.A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semi-deciduous Forest of southern Amazon Basin, Brasil. **Journal of Geophysical Research**, v.113, 1-9, 2008.

Vourlitis, G.L.; Priante Filho, N.; Hayashi, M.M.S.; Nogueira, J.S.; Caseiro, F.T.; Campelo Jr., J.H. Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research**, v.38, n.6, p.X1-X11, 2002.

Xavier, A.C.; Vettorazzi, C.A. Índice de Área Foliar de Coberturas em uma Microbacia Hidrográfica Subtropical. **Scientia Agrícola**, v.60, n.3, p.425-431, 2003.

Submetido em: 8/fevereiro/2010

Aceito em: 20/agosto/2010

