

INTRODUÇÃO

O índice de área foliar (IAF) de uma cobertura vegetal é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições químicas, físicas e biológicas do solo; às condições do microclima (temperatura, umidade e radiação); às condições bióticas como herbivoria, competição e às interdependências desses fatores nos diferentes estágios sucessionais da vegetação. A forte relação direta deste índice com a produtividade primária e com a biomassa da vegetação e as grandes dificuldades inerentes a determinação da biomassa vegetal justificam o desenvolvimento de métodos para a estimativa do IAF. Contudo, os métodos diretos de medição de IAF, normalmente destrutivos e trabalhosos, necessitam da avaliação da área foliar total de volumes consideráveis da vegetação. Essas dificuldades impulsionam o aparecimento e uso de métodos indiretos de fácil mensuração, baseados em medidas de penetração de radiação solar na vegetação. Além da praticidade, os métodos indiretos têm originado resultados similares aqueles produzidos por métodos diretos (Roberts *et al.*, 1996). A penetração de radiação em uma cobertura vegetal depende das características dos elementos vegetais (tamanho, textura, espessura e orientação das folhas e dos galhos) e da estrutura da vegetação (altura das árvores, continuidade do dossel, densidade de indivíduos e densidade foliar, expressa pelo IAF). Estas variáveis são reunidas em modelos físicos de interação da radiação em meio vegetal (Myneni *et al.*, 1989), que são apropriados para inversão e derivação do IAF quando desenvolvidos analiticamente.

Este trabalho busca ampliar as escassas informações sobre índice de área foliar de coberturas vegetais através um método de inversão de modelo físico de penetração de radiação solar em meio vegetal através da seguinte questão:

Os sistemas agroflorestais têm incrementos médios anuais de área foliar superiores ao da vegetação secundária desenvolvida em área degradada?

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na Estação Experimental do Distrito Agropecuário da SUFRAMA (Embrapa), localizado no km 54 da Rodovia Manaus-Caracará (BR 174, 20° 31' S, 60° 01' O), Amazonas, na área do projeto "Recuperação de áreas de pastagens abandonadas e degradadas através de sistemas agroflorestais". O solo é do tipo latossolo amarelo distrófico, textura muito argilosa. As medidas de radiação foram realizadas nas seguintes coberturas vegetais:

Vegetação secundária

A vegetação secundária na época de estudo tinha dez anos de regeneração natural sem nenhum tipo de desbaste e com as seguintes espécies dominantes por ordem de importância: *Vismia japurensis* Reichardt, *V. cayennensis* (Jacq.) Press., *V. guianensis* (Aubl.) Choisy, *Bellucia imperialis* Saud. & Cogn., *B. glossularioides* (L.) Triana, *Laetia procera* (Poeppig) Eichler e a semi-perene *Borreria verticillata* (L.), G.F.W. Meyer, todas espécies tipicamente colonizadoras de solos degradados. A altura média desta vegetação é de 10 metros, com dossel contínuo, onde se concentra a maior parte da biomassa foliar. O sub-bosque apresenta baixa densidade foliar, principalmente devido a arquitetura das espécies do gênero *Vismia*, que perdem as folhas dos galhos sombreados no interior da vegetação.

Sistemas agroflorestais

Dois modelos de sistemas agroflorestais de quatro anos foram avaliados:

¹ Financiado pelo PPG-7 (MMA MCT/FINEP)

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - Caixa Postal 319 - Manaus - AM.

³ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA - Caixa Postal 478 - Manaus - AM.

- Sistema agroflorestal com palmeiras (AS1)

É um sistema agrossilvicultural formado por linhas de pupunha (*Bactris gassipaes* H.B.K.), plantada em 1992 para a produção de frutos e palmito, intercaladas com linhas das fruteiras, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum), plantada em 1992, e açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), plantada em 1994. Em janeiro de 1995, após a primeira colheita de palmito (de cada três plantas de pupunheira duas destinam-se a produção de palmito), foi plantado mais um componente arbóreo, a madeireira capoeirão (*Colubrina glandulosa* Perkins var. *reitzii* (M.C. Johnston) M.C. Johnston).

- Sistema agroflorestal multiestratificado (AS2)

É um sistema agrossilvicultural formado pelas fruteiras cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e ingá (*Inga edulis* Mart.), e pela essência florestal mogno (*Swietenia macrophylla* King.), plantadas em 1992; e pela fruteira araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) e a essência florestal exótica teca (*Tectona grandis* Linn), ambas plantadas em 1994. Neste sistema as medições de radiação foram realizadas somente na faixa central de 10m, onde os componentes vegetais têm cobertura mais contínua do que a das espécies das bordas (Figura 2).

Para o cálculo do índice de área foliar de coberturas vegetais foram utilizadas as expressões desenvolvidas por Marques Filho, 1992 e 1997, e pelo método de inversão de modelo físico de penetração de radiação solar em meio vegetal apresentado em Wandelli e Marques Filho, 1998. As medidas de radiação solar global (comprimentos de onda entre 300 e 4000 nm) foram realizadas durante quatro semanas da estação seca de 1996, com um total de sete dias de observações para cada tipo de cobertura.

O sistema de medidas é composto por dois dispositivos eletrônicos de aquisição de dados sincronizáveis (datalogger 21X, Campbell Instruments) e sete sensores do tipo solarímetro tubular com dimensão de 2cm x 100cm (Tube Solarimeter - Delta T).

A radiação externa foi medida em uma área aberta adjacente a cobertura vegetal por um solarímetro tubular e um solarímetro clássico (Kipp Solarimeter). Essa radiação é equivalente a radiação que atinge o topo da vegetação e foi utilizada no cálculo dos fluxos relativos. Para medir a radiação que penetra no interior da vegetação instalou-se seis solarímetros tubulares a 40cm do solo dispostos em intervalos de 1m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas tomadas representam a radiação solar medida no interior de coberturas vegetais como resultante da combinação de características e variabilidade do campo da própria radiação confrontadas às propriedades físicas (reflexão, transmissão, tamanho dos elementos individuais) e às diferentes estruturas de vegetação.

Em uma vegetação densa, com índice de área foliar acima de 3, as dificuldades amostrais para estabelecer medidas representativas da radiação em seu interior, junto ao solo, são reduzidas em função de uma tendência para a homogeneização do campo de radiação. Parece natural supor-se um processo crescente de homogeneização quando se passa de condições atmosféricas sem cobertura de nuvens (céu limpo) em que a radiação direta externa à vegetação é um fator gerador de heterogeneidade, para a condição limite de céu totalmente encoberto, que determina um campo externo homogêneo composto somente de radiação difusa.

O estabelecimento de classes de radiação tem a finalidade de ajustar o modelo físico às condições externas ocorridas em cada caso.

A vegetação secundária intacta apresentou um valor médio geral de 3,5; o sistema agroflorestal com palmeiras um valor de 2,0; e o sistema multiestratificado um valor de 1,6. A variação das médias entre as classes é inferior a 5% da média geral e o desvio padrão em cada classe é crescente a partir do modelo particular puramente difuso (classe I) até o modelo mais complexo com predominância de radiação direta (classes III e IV) para os três tipos de cobertura (Tabela 2).

Apesar da vegetação secundária de dez anos ter apresentado índice de área foliar maior que os dos sistemas agroflorestais, o incremento médio anual de IAF é maior nos sistemas agroflorestais de quatro anos, sendo 0,51 no sistema com palmeiras, 0,39 no sistema multiestratificado, e um incremento de 0,35 por ano na vegetação secundária. Isto indica que os sistemas agroflorestais

estudados têm um potencial maior para acumular biomassa do que vegetações secundárias testemunhas de áreas adjacentes, também estabelecidas em solos degradados.

O sistema agroflorestal dominado por palmeiras tem um IAF maior que o do sistema multiestratificado devido ao fato de que as palmeiras apresentam uma cobertura vegetal contínua originada do pequeno espaçamento de dois metros e uma copa de tamanho já estável a partir do quarto ano, enquanto que no segundo sistema a copa das espécies madeireiras (mogno e teca) ainda estão em fase de desenvolvimento e as copas das espécies arbustivas como araquá não estão cobertas pelas espécies dos estratos superiores. Entretanto, o potencial futuro de acúmulo de biomassa será possivelmente maior no sistema multiestratificado em razão da presença de espécies que atingirão grande porte.

Tabela 2 - IAF calculado para cada classe de radiação e incremento médio anual.. Valores entre parênteses representam o desvio padrão.

Tipo de cobertura	IAF médio por classe de radiação				IAF Médio	Incr. Anual de IAF
	I (0-25%)	II (25-50%)	III (50-75%)	IV (75-100%)		
- Vegetação secundária intacta (10 anos)	3,65 (0,11)	3,55 (0,27)	3,48 (0,64)	3,45 (0,59)	3,53	0,35
- Sistema agroflorestal com palmeiras (4 anos)	2,04 (0,21)	1,96 (0,37)	2,05 (0,54)	2,10 (0,67)	2,04	0,51
- Sistema agroflorestal multiestratificado (4 anos)	1,40 (0,58)	1,44 (0,17)	1,70 (0,51)	1,76 (0,69)	1,57	0,39

Os desvios das estimativas do IAF apresentados no presente trabalho (tabela 2) são inferiores aqueles obtidos por Honzák et al. (1996) e essas diferenças podem ser possivelmente atribuídas às restrições nas condições e horários de medidas impostas pelo tipo de equipamentos utilizado por esses autores (ceptometers e fotografias hemisféricas). Uma característica do presente estudo é o cálculo do IAF médio a partir de medidas distribuídas em todo o período diurno, incorporando assim diferentes zonas de amostragem da vegetação na composição final do índice.

CONCLUSÃO

O método de inversão do modelo de radiação para estimar o índice de área foliar de coberturas vegetais produz em geral valores de IAF convergentes entre as classes de radiação adotadas com desvios crescentes para as situações em que predomina a radiação direta. As estimativas do IAF são mais estáveis para os dias com domínio de luz difusa.

A grande dispersão encontrada nas estimativas de IAF para o sistema agroflorestal multiestratificado indica a necessidade de uma abordagem específica ao problema de amostragem de radiação e o desenvolvimento de modelos físicos mais adequados para o tratamento da interação da radiação em vegetação não contínua.

O índice de área foliar apresenta-se com valores decrescentes para a vegetação secundária, o sistema agroflorestal com palmeiras e o sistema multiestratificado; entretanto o incremento médio anual de IAF é maior nos sistemas agroflorestais, indicando uma tendência e um bom potencial desses sistemas para acumular biomassa.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Honzák, M.; Lucas, R. M.; Amaral, I.; Curran, P. J.; Foody, G. M.; Amaral, S., 1996 Estimation of the leaf area index and total biomass of tropical regenerating forests: comparison of methodologies, *In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R. L.(eds.) 1996. Amazonian deforestation and Climate* edited by, Institute of Hydrology, UK, : 365-381.
- Marques Filho, A.O. 1992 Modèles des transferts radiatifs à l'intérieur des couverts végétaux - les solutions analytiques *Acta Amazônica*, 22(4): 541-565.
- Marques Filho, A.O. 1997 Regime de radiação solar e características da vegetação - Modelos de inversão, *Acta Amazônica*, 27(2):119-134.
- Myneni, R.R.; Ross, J.; Asrar, G. 1989. - A Review on the Theory of Photon Transport in Plant Canopies. *Agricultural and Forest Meteorology* 45: 1-153.
- Roberts, J. M.; Cabral, O. M. R.; Costa, J. P.; McWilliam, A. L. C.; Sá, T. D. A. 1996. Leaf area index biomass and physiological responses in Amazonian forest and pasture. *In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M and Victoria R. L. (Eds). Amazonian deforestation and Climate.* Institute of Hydrology, UK. p. 287-306.
- Wandelli, E.V.; Marques Filho, A.O. 1998. *Acta Amazônica (in press)*