

UMA COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES ESTIMATIVAS DA CONDUTÂNCIA SUPERFICIAL NUMA FLORESTA PRIMÁRIA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Ricardo Luiz Godinho DALLAROSA¹, Robin Thomas CLARKE²

RESUMO — Neste trabalho foi realizada a estimativa da condutância superficial para transferência de vapor d'água, característica de uma floresta primária próxima a Manaus, à partir de dois diferentes métodos baseados em equações de regressão que procuram associar essa condutância a diferentes variáveis físicas. A equação proposta por Allen (1986) foi estabelecida através da correlação com a radiação líquida média diária, enquanto a estimativa proposta por Roberts *et al.* (1990) procurou correlacionar a condutância estomática com o déficit de umidade específica e a radiação solar, utilizando dados médios horários e, neste caso, estes valores foram reunidos para representar a média diária correspondente. Uma comparação entre os resultados estimados por tais métodos apresentou o primeiro (Allen) com estimativas sempre inferiores ao segundo (Roberts), da ordem de 30% (± 8) na média. Os desvios de ambos também foram relativamente diferentes e, embora tivesse apresentado índices mais elevados de condutância, os desvios do método de Roberts foram de magnitude inferior aos do método de Allen e, portanto, seus valores mostraram-se mais estáveis. As diferenças menores foram observadas no período relativo à estação seca, principalmente nos meses de agosto, setembro e outubro, quando estiveram dentro do limite determinado pela soma dos desvios padrões de ambos.

Palavras-chave: evapotranspiração, condutância, floresta primária, Amazônia.

A Comparison of Different Estimates of Surface Conductance in a Forest in Central Amazonia

ABSTRACT — The estimate of the surface conductance for water vapor transfer typical of a primary forest has been carried out, near Manaus, using two different methods based on regression equations which try to associate this conductance to distinct physical variables. The equation proposed by Allen (1986) was established through the correlation with the daily mean net radiation. The estimate proposed by Roberts *et al.* (1990) tried to correlate the stomatal conductance to the specific humidity deficit and to the solar radiation, using hourly mean data, and in this instance these values have been used to calculate the corresponding daily mean. A comparison of the estimated results using these methods showed the first one (Allen) with estimates always lower than the second one (Roberts), of about 30% (± 8) on the average. The deviations of both methods have also been relatively different, and although Roberts has shown higher conductance indices, the deviations were of lesser magnitude than those of Allen, being these values more stable. The lowest differences have been observed during the dry period, mainly in the months of August, September, and October, when they were within the limit determined by the sum of the standard deviations of both of them.

Key-words: evapotranspiration, conductance, primary forest, Amazonia.

INTRODUÇÃO

Os principais fatores a determinar o clima de uma dada região são a topografia, a latitude, a circulação geral da atmosfera e a

natureza da sua superfície. No que diz respeito a este último, o crescente interesse nas possíveis alterações climáticas decorrentes da substituição das florestas tropicais por outros diferentes tipos de vegetação tem

1 Coordenação de Pesquisas em Geociências, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (CPGC/INPA), CP 478, CEP 69060-000 – Manaus/AM, Brasil. dalla@inpa.gov.br

2 Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), CP 15029, CEP 91501-970 – Viamão/RS, Brasil.

UMA COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES ESTIMATIVAS DA CONDUTÂNCIA SUPERFICIAL NUMA FLORESTA PRIMÁRIA NA AMAZÔNIA CENTRAL

Ricardo Luiz Godinho DALLAROSA¹, Robin Thomas CLARKE²

RESUMO — Neste trabalho foi realizada a estimativa da condutância superficial para transferência de vapor d'água, característica de uma floresta primária próxima a Manaus, à partir de dois diferentes métodos baseados em equações de regressão que procuram associar essa condutância a diferentes variáveis físicas. A equação proposta por Allen (1986) foi estabelecida através da correlação com a radiação líquida média diária, enquanto a estimativa proposta por Roberts *et al.* (1990) procurou correlacionar a condutância estomática com o déficit de umidade específica e a radiação solar, utilizando dados médios horários e, neste caso, estes valores foram reunidos para representar a média diária correspondente. Uma comparação entre os resultados estimados por tais métodos apresentou o primeiro (Allen) com estimativas sempre inferiores ao segundo (Roberts), da ordem de 30% (± 8) na média. Os desvios de ambos também foram relativamente diferentes e, embora tivesse apresentado índices mais elevados de condutância, os desvios do método de Roberts foram de magnitude inferior aos do método de Allen e, portanto, seus valores mostraram-se mais estáveis. As diferenças menores foram observadas no período relativo à estação seca, principalmente nos meses de agosto, setembro e outubro, quando estiveram dentro do limite determinado pela soma dos desvios padrões de ambos.

Palavras-chave: evapotranspiração, condutância, floresta primária, Amazônia.

A Comparison of Different Estimates of Surface Conductance in a Forest in Central Amazonia

ABSTRACT — The estimate of the surface conductance for water vapor transfer typical of a primary forest has been carried out, near Manaus, using two different methods based on regression equations which try to associate this conductance to distinct physical variables. The equation proposed by Allen (1986) was established through the correlation with the daily mean net radiation. The estimate proposed by Roberts *et al.* (1990) tried to correlate the stomatal conductance to the specific humidity deficit and to the solar radiation, using hourly mean data, and in this instance these values have been used to calculate the corresponding daily mean. A comparison of the estimated results using these methods showed the first one (Allen) with estimates always lower than the second one (Roberts), of about 30% (± 8) on the average. The deviations of both methods have also been relatively different, and although Roberts has shown higher conductance indices, the deviations were of lesser magnitude than those of Allen, being these values more stable. The lowest differences have been observed during the dry period, mainly in the months of August, September, and October, when they were within the limit determined by the sum of the standard deviations of both of them.

Key-words: evapotranspiration, conductance, primary forest, Amazonia.

INTRODUÇÃO

Os principais fatores a determinar o clima de uma dada região são a topografia, a latitude, a circulação geral da atmosfera e a

natureza da sua superfície. No que diz respeito a este último, o crescente interesse nas possíveis alterações climáticas decorrentes da substituição das florestas tropicais por outros diferentes tipos de vegetação tem

1 Coordenação de Pesquisas em Geociências, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (CPGC/INPA), CP 478, CEP 69060-000 – Manaus/AM, Brasil. dalla@inpa.gov.br

2 Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), CP 15029, CEP 91501-970 – Viamão/RS, Brasil.

conduzido ao desenvolvimento de pesquisas que visam retratar, com maior acuidade, os mecanismos da interação solo/vegetação/atmosfera, notadamente os ciclos de nutrientes, do carbono e da água neste ambiente.

Relativamente ao controle da evaporação, Stewart (1983) considerou que os fatores de planta (dentre os quais acha-se a g_s) são mais importantes na vegetação de floresta do que na vegetação de porte baixo, evidenciando a necessidade de utilização cuidadosa do método adotado para sua estimativa nesse ambiente. Assim sendo, dado o papel da vegetação em transferir vapor de água para a atmosfera através da transpiração, torna-se importante otimizar-se a representação dessa vegetação nos modelos preditivos das mudanças climáticas e para tal deve-se contemplar, principalmente, as alterações no albedo, na rugosidade superficial, na capacidade de interceptação da precipitação e na condutância (resistência) estomática ou superficial.

O estado da arte

Sá *et al.* (1996) mediram a condutância estomática (inverso da resistência) nas folhas de diversas espécies da floresta Amazônica e concluíram que para efeito de caracterização do dossel médio e superior, principais responsáveis pela transpiração, seria suficiente o monitoramento apenas da superfície abaxial (inferior) das folhas. Percy & Calkin (1983), Oberbauer *et al.* (1987)

e Roberts *et al.* (1990), entre outros, observaram que a condutância estomática (g_s) da floresta tropical possui um padrão vertical de comportamento caracterizado por valores máximos no topo do dossel e nas árvores emergentes, passando a valores paulatinamente decrescentes em direção ao solo. Este padrão, segundo Yoda (1974), Oberbauer & Strain (1986) e Whitmore (1990) está relacionado com o declínio da iluminação entre os diferentes níveis na vegetação. Medri & Lleras (1979) encontraram diferenças nas condutâncias entre folhas da copa de uma mesma árvore as quais relacionaram a diferenças anatômicas determinadas pela altura. Outra justificativa para tal variação pode estar associada a diferenças na idade das folhas, cuja ocorrência foi relatada por Reich & Borchert (1988) que observaram aumento (redução) da resistência (condutância) estomática em folhas velhas. Sá *et al.* (1996), entretanto, preferem considerar estas variações como características de espécies específicas uma vez que, tendo realizado estudos com outras espécies (e.g. *Tabebuia sp.*) encontraram queda da resistência estomática com o aumento da idade das folhas, mesmo com diminuição no potencial de água nas mesmas.

Outro padrão, este porém observado no transcurso diário e apontado em muitos estudos (Dolman *et al.*, 1991; McWilliam *et al.*, 1996; Roberts *et al.*, 1996) indica valores crescentes de condutância até o meio

da manhã (por volta de 09:00h ou 10:00h), quando ocorre o seu valor máximo, decrescendo a partir de então primeiro brusca e, a seguir, lentamente no restante do dia. Segundo Roy & Salager (1992) diversas espécies tropicais também apresentam um acentuado declínio da g_s por volta do meio-dia, seguido de recuperação à tarde. Tal queda na g_s pode estar associada à saturação luminosa provocada pelo excesso de radiação nesse horário, ou perda acentuada de água, o que provocaria o fechamento dos estômatos (controle fisiológico).

A condutância estomática numa floresta tropical chuvosa, embora varie grandemente em seus valores absolutos entre espécies, apresenta similaridade no que diz respeito à resposta a determinadas variáveis ambientais, notadamente ao déficit de umidade atmosférica e a radiação.

O objetivo desse trabalho é comparar os valores de uma fórmula empírica proposta por Allen (1986) para estimativa da resistência superficial (inverso da condutância) baseada em medidas de radiação líquida (médias diárias), com relação a um método que emprega equações de regressão as quais correlacionam a condutância estomática de espécies características da floresta tropical com o déficit de umidade específica (médias horárias), sob diferentes classes de radiação solar, derivadas por Roberts *et al.* (1990) através de medidas com um porômetro de difusão numa floresta, próximo a Manaus.

MATERIAL E MÉTODOS

Sítio e dados utilizados

O sítio experimental utilizado foi a Reserva Florestal Ducke (02°57'S; 59°57'W), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, de topografia pouco acentuada e possuindo uma altitude média ao redor de 80m, situada a cerca de 25km ao norte de Manaus/AM, cuja vegetação característica é constituída de floresta de terra firme, não perturbada, com árvores possuindo uma altura média em torno de 35m. Os dados meteorológicos utilizados fazem parte do acervo de dados do Projeto ABRACOS, e foram gerados através de uma estação meteorológica automática instalada no topo de uma torre de alumínio, medindo 45m de altura. Maiores detalhes podem ser obtidos em Bastable *et al.* (1993) e Wright *et al.* (1996).

A climatologia da Reserva Ducke apresenta, do ponto de vista da precipitação, duas estações distintas: a chuvosa começando em dezembro e terminando em maio, com máximo médio mensal de cerca de 300mm nos meses de março e abril; e a estação seca entre junho e novembro, com mínimo médio mensal ao redor de 90mm nos meses de agosto e setembro.

A equação de Allen

A partir de dados de radiação líquida média diária, Allen (1986) derivou uma expressão para a estimativa da resistência superficial, em $s.m^{-1}$, dada por

$$r_c = \frac{242,3 - 0,85 R_n}{0,4846 IAF} \quad (1)$$

onde R_n é a radiação líquida

média diária, em $W.m^{-2}$, e IAF é o índice de área foliar da vegetação, dado nesse trabalho por 5,7 (Wright *et al.*, 1996).

As estimativas de resistência superficial (r_c) obtidas pela equação de Allen foram convertidas em condutância superficial ($g_c = 1/r_c$) e os valores resultantes tiveram suas unidades consistidas, para efeito de comparação com as unidades de $mmol.m^{-2}.s^{-1}$, derivadas das equações de Roberts, através da equação

$$g_c \text{ (mol.m}^{-2}.s^{-1}\text{)} = g_c \text{ (cm.s}^{-1}\text{)} \cdot 0,446 [273/(t+173)] [p/101,3] \quad (2)$$

onde t é a temperatura média diária do ar ($^{\circ}C$) e p é a pressão atmosférica (kPa) (Sá, T.; com. pessoal). A pressão foi estimada através da equação de Burman *et al.* (1987), dada por

$$p = 101,325 [(T - 0,0065 z) / T]^{5,256} \quad (3)$$

onde T é a temperatura absoluta média do ar ($^{\circ}K$) e z é a altitude (m) da estação meteorológica (adotada aqui como sendo 120m).

As equações de Roberts

Através de medidas com um porômetro de difusão dinâmica ao longo do perfil da floresta, Roberts *et al.* (1990) separaram a radiação solar global medida acima do dossel em cinco classes de $100 W.m^{-2}$ de intervalo e derivaram para cada uma delas uma equação de regressão correlacionando a condutância estomática ($mmol.m^{-2}.s^{-1}$) para

diversas espécies (em diferentes níveis) no dossel com o déficit de umidade específica, médias horárias. Devido à deficiência de dados relativos ao perfil da floresta (radiação, umidade e IAF), são utilizadas aqui apenas as equações relativas ao topo do dossel, onde

$$Rs < 400 W.m^{-2} - g_s = -7,6 \delta q + 233 \quad (4)$$

$$400 - 500 W.m^{-2} - g_s = -12,8 \delta q + 313 \quad (5)$$

$$501 - 600 W.m^{-2} - g_s = -13,2 \delta q + 310 \quad (6)$$

$$601 - 700 W.m^{-2} - g_s = -12,4 \delta q + 327 \quad (7)$$

$$> 700 W.m^{-2} - g_s = -23,2 \delta q + 459 \quad (8)$$

onde δq é o déficit de umidade específica, em $g.kg^{-1}$. Depois de calculados, os valores horários diurnos de g_s são multiplicados pelo IAF para obter-se a g_c e, após, é extraída a média desses valores para a representação da média diária utilizada na comparação com o método de Allen (anexos 1 e 2).

RESULTADOS

Os dados registrados pela estação meteorológica automática apresentaram pequenas falhas (2 ou 3 dias) em uns poucos meses, exceto no mês de setembro, quando a mesma esteve inoperante durante metade do período (entre os dias 10 e 23). O ano de 1993 apresentou comportamento sazonal similar, com mínimo total mensal no mês de setembro (40mm) e máximo no mês de março (383mm).

Radiação solar global e radiação líquida

As curvas de radiação mostradas na figura 1 indicam que a radiação global atinge o valor mínimo médio mensal de cerca de 300 W.m^{-2} no mês de abril enquanto o máximo apresentou um comportamento aproximadamente bimodal com valores ao redor de 380 W.m^{-2} nos meses de junho e setembro.

A curva da radiação líquida apresenta comportamento claramente sazonal, similar ao da radiação global, com maiores valores ($\approx 140 \text{ W.m}^{-2}$) entre maio e novembro (estação seca) e valores mais baixos ($\approx 110 \text{ W.m}^{-2}$) entre dezembro e abril (estação chuvosa). O mês de setembro apresentou o maior valor de radiação líquida média mensal (143 W.m^{-2}) e, embora a significativa falha nos dados durante esse período, os dados de precipitação total registrada no mês por um pluviógrafo operante na área foi de apenas 40mm o que indica a possibilidade de a radiação ter sido ainda maior que a média registrada.

Déficit de umidade específica e temperatura do ar

A figura 2 apresenta as curvas características do déficit de umidade específica da atmosfera e da temperatura média do ar, médias mensais. Percebe-se uma clara correspondência entre ambas, com os valores seguindo uma distribuição sazonal similar à da radiação, com os índices médios superiores registrados

em setembro ($6,4 \text{ g.kg}^{-1}$; $26,1^\circ\text{C}$), na estação seca, e os inferiores em março ($2,95 \text{ g.kg}^{-1}$; $24,1^\circ\text{C}$), na estação chuvosa, respectivamente.

Embora os maiores valores de temperatura e de déficit de umidade específica tenham sido registrados durante o mês de setembro, quando os dados sofreram uma interrupção significativa, tais valores estão muito provavelmente coerentes com o esperado uma vez que este foi o mês mais seco do ano, com o total pluviométrico mensal tendo atingido apenas 40 mm, conforme já referido.

O comportamento diário do déficit de umidade específica pode ser observado na figura 3, obtida usando-se a média horária de 04 dias secos consecutivos (entre 27 e 30 de junho).

Percebe-se que os maiores valores de déficit ocorrem simultaneamente com os maiores valores prováveis de temperatura e vice-versa, ou seja, os índices superiores são observados por volta do meio-dia ou nas primeiras horas da tarde e os inferiores pela madrugada ou no alvorecer, demonstrando a forte correspondência do déficit de umidade com a temperatura e, por consequência, desta com a condutância.

Condutâncias superficiais estimadas

A figura 4 apresenta os valores médios mensais estimados através de ambos os métodos e seus respectivos desvios padrões (linhas verticais). As curvas apresentadas permitem

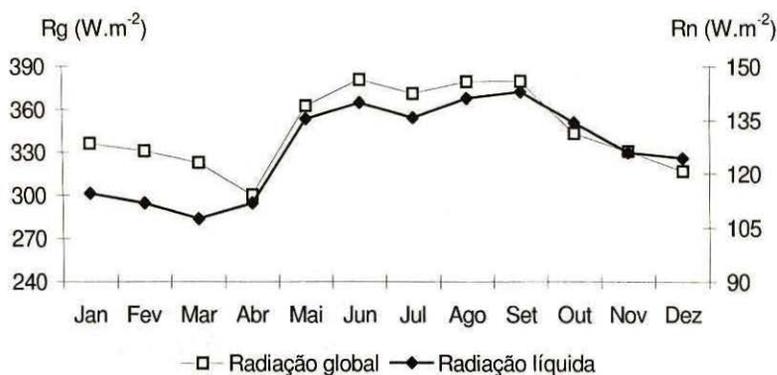


Figura 1. Radiações solar global (Rg) e líquida (Rn) médias mensais.

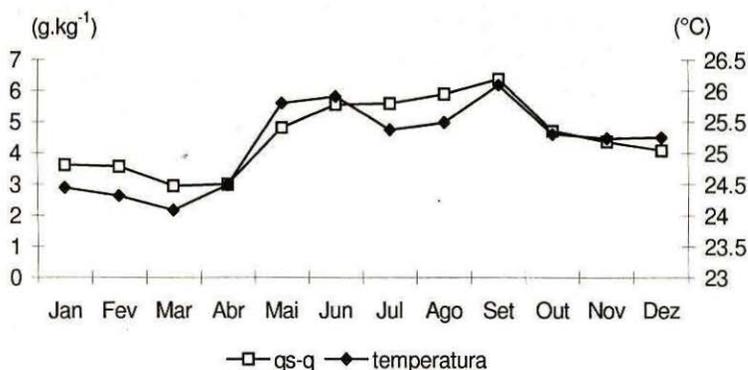


Figura 2. Déficit de umidade específica e temperatura médias mensais.

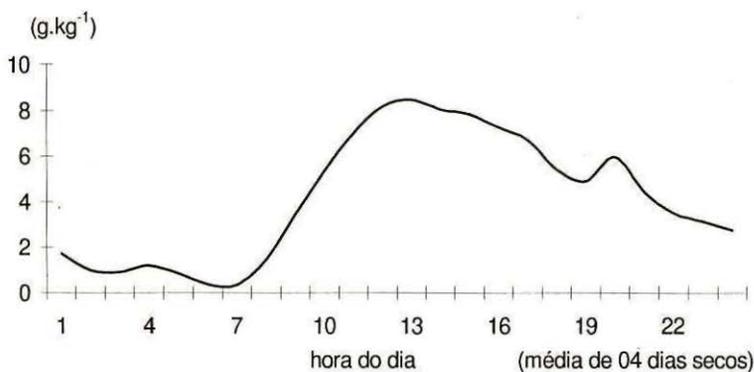


Figura 3. Déficit de umidade específica média horária.

observar que as estimativas derivadas do método de Allen (gc^1 ; anexo 1) foram sempre inferiores àquelas obtidas pelo método de Roberts (gc^2 ; anexo 2), além de apresentarem desvios padrões mais elevados. No que diz respeito ao comportamento sazonal percebe-se uma correlação negativa entre ambas certamente determinada pela presença do déficit de umidade específica no cálculo da gc^2 . Com isso, os valores das curvas aproximaram-se nos meses do período seco, quando o déficit de umidade específica se acentuou, reduzindo as estimativas de gc^2 com as quais o mesmo apresenta correlação negativa. Outro fator que contribuiu para a aproximação das curvas foi o aumento da radiação líquida, que resultou num acréscimo dos valores estimados da gc^1 . Dessa forma, a conjugação desses fatores reduziu as diferenças entre ambas para o limite equivalente à soma dos respectivos desvios padrões durante os meses de agosto, setembro e outubro, ou seja, nos meses mais secos.

Embora o desvio padrão seja expresso na mesma unidade dos dados trabalhados, sua magnitude nem sempre permite que se tenha a idéia real da dispersão que ele pretende representar. Por isso, recorreremos ao coeficiente de variação para fazermos essa avaliação.

A figura 5 apresenta os coeficientes de variação (CV) relativos a cada um dos métodos. Tais coeficientes de variação demonstram claramente a existência de uma maior dispersão das estimativas da gc^1 do que as da gc^2 embora os maiores

valores absolutos desta.

Os valores dos coeficientes de variação da gc^1 estiveram na maior parte do tempo entre 20% e 25% (com extremo superior próximo de 35% no mês de outubro), enquanto no caso da gc^2 esses coeficientes oscilaram o tempo todo ao redor dos 5%, exceto no mês de setembro ($\approx 15\%$) quando os dados sofreram uma grande interrupção conforme foi salientado no início desse trabalho. Isso indica uma maior estabilidade dos valores estimados pelo método de Roberts. Embora esse método tenha sido desenvolvido sob condições de floresta tropical úmida, foram utilizadas aqui apenas as equações derivadas para espécies do dossel superior, de modo que suas estimativas tem relativa limitação quanto à validade para a vegetação como um todo, mesmo considerando-se a importância desse nível da floresta nas estimativas de evapotranspiração.

Dallarosa (1997) estudou a evapotranspiração em uma floresta tropical úmida, no sudoeste da Amazônia, comparando medidas realizadas através de um sistema de correlação de vórtices (Hydra) e estimativas obtidas pelo método Penman-Monteith, durante um período de duas semanas sob condições secas, tendo estimado a resistência superficial da vegetação através do método de Allen. Para efeito de comparação, substituímos as estimativas de Allen pelas de Roberts aqui utilizadas e os valores de evapotranspiração resultantes foram cerca de 5% a 10% superiores aos de Penman-Monteith,

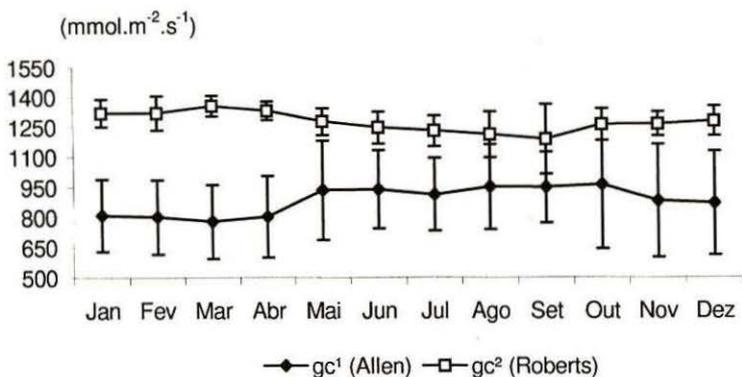


Figura 4. Condutâncias superficiais médias mensais e respectivos desvios.

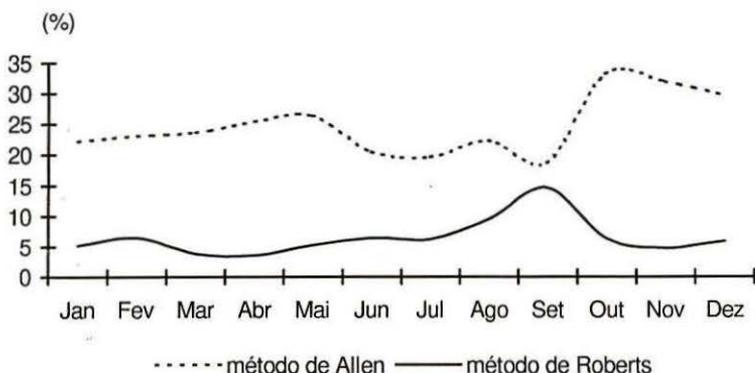


Figura 5. Coeficientes de variação de cada método utilizado.

coerentemente com o fato de as estimativas feitas através do método de Allen apresentarem valores de condutância superficial inferiores. Comparativamente aos valores medidos, as diferenças chegaram a cerca de 9% na primeira semana e 28% na segunda, na média (Tab.1).

Roberts *et al.* (1993) estimaram a evapotranspiração na floresta da Reserva Ducke através de um modelo de multi-camadas (CLATTER) com as

respectivas equações para estimativas da condutância em cada camada, e os resultados mostraram uma excelente concordância com valores de evapotranspiração medidos diretamente com um dispositivo de correlação de vórtices. Todavia, ao simplificá-lo pela utilização de dados coletados num único nível acima do dossel e valores médios de g_s , obtiveram superestimativas acima de 50%.

CONCLUSÕES

Considerando-se que os resultados obtidos por Dallarosa (1997) indicam que o método Pen-

man-Monteith tende a superestimar a evapotranspiração da floresta tropical sob condições de ausência de chuvas e, considerando-se também, que a condutância (resistência) resulta supe-

Tabela 1. Evapotranspiração medida (E_{HY}) e estimada (E_{PM^1} , E_{PM^2} , E_{PT}), em mm.dia⁻¹, para um sítio de floresta no sudoeste da Amazônia. (ano 1993)

dia juliano	EHY	EPM ¹	EPT	EPM ²	EPM ² - EPM ¹ (%)	EPM ² - EHY (%)
180	4,3	4,3	4,8	4,7	9	9
181	4,0	3,6	4,3	4,0	10	0
182	3,9	3,8	4,3	4,3	12	9
183	3,7	3,8	4,4	4,3	12	14
184	4,1	4,6	5,0	5,0	8	18
185	4,3	4,3	4,8	4,6	7	7
186	4,0	3,9	4,4	4,2	7	5
média	4,0	4,0	4,6	4,4	9	9
200	3,6	5,0	4,6	5,3	6	32
201	4,0	5,2	4,6	5,5	5	27
202	3,9	5,1	4,4	5,5	7	29
203	4,0	5,4	4,4	5,6	4	29
204	3,7	5,5	4,6	5,8	5	36
205	4,3	5,5	4,7	6,0	8	28
206	4,3	4,8	4,6	5,1	6	16
média	4,0	5,2	4,6	5,5	6	28

E_{HY} ⇒ evapotranspiração medida com o Hydra

E_{PM^1} ⇒ evapotranspiração através do método Penman-Monteith, com a resistência superficial estimada pelo método de Allen

E_{PM^2} ⇒ evapotranspiração através do método Penman-Monteith com a resistência superficial estimada pelas equações de Roberts

E_{PT} ⇒ evapotranspiração através de Priestley-Taylor

rior (inferior) nas estimativas através da proposição de Roberts para a camada superior do dossel, aconselha-se evitar a utilização concomitante de ambos (Penman-Monteith e Roberts) de modo a eliminar esse indesejável acréscimo adicional nas estimativas da evapotranspiração.

As estimativas da condutância superficial para floresta tropical através do método de Roberts apresentaram uma forte estabilidade, sugerindo que o comportamento estomático médio da vegetação de floresta tropical úmida não apresenta grandes variações sazonais, o que está em concordância com resultados obtidos através de medidas com porômetro de difusão realizadas por McWilliam *et al.* (1996) para um ambiente similar. Uma explicação para isso talvez esteja no trabalho de Hodnett *et al.* (1996) que indicam a existência de uma alta condutividade hidráulica do solo da floresta à superfície devido a presença de um substancial número de meso e macroporos permitindo ao sistema radicular buscar água num perfil de solo bem mais profundo durante períodos de relativa ausência de chuva.

Para concluir, há que se considerar, de qualquer sorte, que os métodos usualmente adotados para estimativa da condutância estomática ou superficial, consideram os estômatos como um sistema puramente físico, negligenciando suas naturezas bioquímica e biológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar seus agradecimentos aos amigos do

INPA, Dr. Ari Marques Filho pela sua pronta e segura assistência durante o desenvolvimento desse trabalho e aos técnicos Hermes Xavier, Sérgio de Souza e Afonso da Motta pela dedicação nos procedimentos de operação e coleta dos dados aqui utilizados.

Bibliografia citada

- Allen, R.G.A. 1986. Penman for all seasons. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 112 (4) : 348-368.
- Bastable, H.G.; Shuttleworth, W.J.; Dallarosa, R.L.G.; Fisch, G.; Nobre, C.A. 1993. Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed amazonian forest. *International Journal Climatology*, 13 : 783-796.
- Burman, R.D.; Jensen, M.E.; Allen, R.G. 1987. Thermodynamic factors in evapotranspiration. In: Proc. Irrig. and Drain. Spec. Conf., James L.G. and English M.J. (Eds.) . ASCE, Portland, Oregon, July, pp 28-30.
- Dallarosa, R.L.G. 1997. *Uma Comparação entre Estimativas Empírica e Teórica da Evapotranspiração numa Floresta em Jiparaná - RO*, Dissertação de Mestrado, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 115p.
- Dolman, A.J.; Gash, J.H.C.; Roberts, J.; Shuttleworth, W.J. 1991. Stomatal and surface conductance of tropical rainforest. *Agric. For. Meteorol.*, 54: 303-318.
- Hodnett, M.G.; Oyama, M.D.; Tomasella, J.; Marques Filho, A. de O. 1996. Comparisons of long-term soil water storage behaviour under pasture and forest in three areas of Amazonia. In: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds). *Amazonian Deforestation and Climate*, John Wiley & Sons, Chichester, England, p. 57-77.
- McWilliam, A-L.C.; Cabral, O.M.R.; Gomes, B.M.; Esteves, J.L.; Roberts, J.M. 1996. Forest and pasture leaf-gas exchange in

- south-west Amazonia. *In*: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds). Amazonian Deforestation and Climate, John Wiley & Sons, Chichester, England, p. 265-285.
- Medri, M.E.; Lleras, E. 1979. Ecofisiologia de plantas da Amazônia- 2. Anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Benpl. (Castanha-do-pará)-Lecythidaceae. *Acta Amazônica*, 9: 15-23.
- Oberbauer, S.F.; Strain, B.R. 1986. Effects of canopy position and irradiance on the leaf physiology and morphology of *Pentaclethra macroloba* (Mimosaceae). *American Journal of Botanic*, 73: 409-416.
- Oberbauer, S.F.; Strain, B.R.; Riechers, G.H. 1987. Field water relations of a wet-tropical forest tree species, *Pentaclethra macroloba* (Mimosaceae). *Oecologia*, 71: 369-374.
- Pearcy, R.W.; Calkin, H.W. 1983. Carbon dioxide exchange of C3 and C4 species in the understorey of a Hawaiian forest. *Oecologia*, 58: 26-32.
- Reich, P.B.; Borchert, R. 1988. Changes with Leaf Age in Stomatal Function and Water Status of Several Tropical Tree Species. *Biotropica*, 20: 60-69.
- Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; Aguiar, L.F. de . 1990. Stomatal and boundary-layer conductances in an Amazonian "terra firme" rain forest. *J. Appl. Ecol.*, 27: 336-353.
- Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; Fisch, G.; Molion, L.C.B.; Moore, C.J.; Shuttleworth, W.J. 1993. Transpiration from Amazonian rainforest calculated from stomatal conductance measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 65: 175-196.
- Roberts, J.M.; Cabral, O.M.R.; Costa, J.P.; William, A.-L.C.; Sá, T.D. de A. 1996. An overview of the leaf area index and physiological measurements during ABRACOS. *In*: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds). Amazonian Deforestation and Climate, John Wiley & Sons, Chichester, England, p. 287-306.
- Roy, J.; Salager, J.-L. 1992. Midday depression of net CO₂ exchange of leaves of an emergent rain forest tree in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology*, 8, 499-504.
- Sá, T.D. de A.; da Costa, J. de P.R.; Roberts, J.M. 1996. Forest and pasture conductances in southern Pará, Amazonia. *In*: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds). Amazonian Deforestation and Climate, John Wiley & Sons, Chichester, England, p. 241-263.
- Stewart, J.B. 1983. A discussion of the relationships between the principal forms of the combination equation for estimating crop evaporation. *Agricultural Meteorology*, 30, 111-127.
- Whitmore, T.C. 1990. Introduction to Tropical Rain Forests. Clarendon Press, Oxford.
- Wright, I.R.; Nobre, C.A.; Tomasella, J.; da Rocha, H.R.; Roberts, J.M.; Vertamati, E.; Culf, A.D.; Alvalá, R.C.; Hodnett, M.G.; Ubarana, V. 1996. Towards a GCM surface parameterisation for Amazonia. *In*: Gash, J.H.C.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R.L. (Eds). Amazonian Deforestation and Climate, John Wiley & Sons, Chichester, England, p. 473-504.
- Yoda, K. 1974. Three dimensional distribution of light intensity in a tropical rain forest of west Malaysia. *Jap. J. Ecology*, 24: 247-254.

Aceito para publicação em 26/04/2000

Anexo 1. Condutância superficial estimada através da equação de Allen (1986)

(mmol.m ⁻² .s ⁻¹)												RD/93
gc ¹	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	681	887	775		904	1197	1072	851	804	827	992	1210
2	818	938	1189		1635	861	1230	877	1012	1316	725	1248
3	554	638	564	605	778	1315	1130	764	941	878	604	1035
4	1021	508	769	733	661	1132	1020	902	1188	1733	772	764
5	832	917	831	830	789	820	1088	933	1071	1074	739	1349
6	541	802	662	873	914	1188	1261	722	731	951	1243	1123
7	645	759	946	510	507	840	1120	706	1011	1006	986	562
8	730	849	1131	944	1172	799	855	1095	979	839	693	1176
9	775	706	772	951	1156	850	893	995	759	879	532	930
10	1051	504	652	505	1120	944	832	1070		1323	708	655
11	988	746	706	717	688	696	665	1148		1274	880	765
12	562	653	558	792	1372	749	1023	729		1170	1019	806
13	964	981	730	1315	1091	822	848	881		558	699	1096
14	997	999	834	1136	881	695	611	676		611	616	1137
15	816	1187	977	838	982	1149	784	1184		807	1020	539
16	809	918	541	552	581	1142	700	1013		618	569	918
17	856	551	652	1121	1134	790	939	1061		1150	977	875
18	560	870	568	740	606	1071	761	786		1124	1864	589
19	1080	780	877	739	1148	1036	962	737		734	797	650
20	562	877	931	1166	916	679	738	579		965	871	852
21	611	1083	996	733	734	902	799	872		548	780	1266
22	895	514	560	847	1042	951	911	1071		1252	927	1294
23	923	643	558	579	904	1148	998	1245		740	701	557
24	1102	879	803	680	716	816	647	800	1238	1187	752	779
25	859	952	932	613	827	1081	1020	834	1180	1769	1396	749
26	775	1021		771	915	591	970	1085	660	494	1068	558
27	776	788		1022	613	912	1097	1200	873	881	746	534
28	1107	530		700	1018	752	879	1079	853	846	1232	755
29	920			745	1050	1254	966	844	1095	664	592	867
30	811			758	1001	998	978	1208	791	630	968	583
31	530				1149		539	1562		1008		755
gc ¹	811	803	781	804	936	939	914	952	949	963	882	870

Anexo 2. Condutância superficial estimada através das equações de Roberts *et al.* (1990)

(mmol.m ⁻² .s ⁻¹)												RD/93
gc ¹	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	1274	1338	1378		1332	1129	1136	1324	1291	1355	1299	1203
2	1309	1293	1412		1254	1107	1146	1244	1316	1069	1246	1163
3	1325	1287	1276	1261	1350	1074	1121	1222	1310	1191	1270	1318
4	1351	1321	1335	1266	1329	1215	1071	1240	1300	1111	1309	1294
5	1395	1418	1346	1367	1343	1245	1085	1199	1225	1212	1202	1423
6	1289	1334	1349	1352	1301	1256	1157	1245	1266	1160	1262	1116
7	1314	1267	1405	1317	1305	1194	1254	1273	1305	1238	1335	1330
8	1358	1394	1425	1381	1305	1361	1268	1173	1192	1263	1279	1212
9	1439	1319	1365	1401	1132	1337	1258	1118	1235	1364	1310	1131
10	1334	1311	1333	1323	1179	1191	1307	1079		1239	1289	1246
11	1416	1318	1394	1278	1306	1298	1292	1154		1259	1239	1288
12	1264	1403	1286	1386	1266	1267	1347	1367		1169	1187	1277
13	1342	1365	1400	1292	1177	1220	1276	1234		1277	1284	1339
14	1342	1223	1420	1305	1268	1354	1252	1289		1308	1311	1263
15	1289	1053	1338	1303	1327	1378	1265	1381		1244	1245	1298
16	1345	1090	1251	1328	1233	1256	1302	1212		1312	1264	1320
17	1317	1283	1311	1465	1276	1177	1312	1255		1322	1360	1231
18	1263	1308	1333	1276	1258	1129	1311	1328		1311	1136	1250
19	1400	1372	1385	1304	1339	1193	1337	1359		1225	1210	1278
20	1294	1421	1252	1299	1341	1203	1178	1326		1189	1300	1374
21	1268	1411	1413	1363	1263	1320	1238	1289		1267	1279	1255
22	1461	1302	1320	1395	1301	1288	1152	1179		1207	1282	1145
23	1424	1333	1375	1301	1301	1340	1156	1325		1324	1321	1298
24	1187	1409	1390	1356	1332	1301	1210	1287	788	1180	1300	1421
25	1258	1371	1408	1337	1309	1215	1270	1233	754	1224	1164	1332
26	1320	1353		1339	1303	1344	1291	1137	1226	1314	1215	1299
27	1311	1350		1361	1333	1273	1148	1036	1262	1372	1236	1301
28	1200	1307		1314	1272	1298	1291	1009	1242	1308	1182	1301
29	1191			1344	1302	1259	1285	1125	1075	1374	1201	1281
30	1358			1282	1132	1177	1161	912	1230	1311	1402	1263
31	1335				1101		1249	1009		1402		1379
gc ¹	1322	1320	1356	1332	1276	1247	1230	1212	1189	1261	1264	1278