

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA AMAZONIA DURANTE O  
EXPERIMENTO FLUAMAZON

Edson José Paulino da Rocha  
Departamento de Meteorologia-UFFA  
Pedro Leite da Silva Dias  
Departamento de Ciências Atmosféricas-USP  
Carlos Afonso Nobre  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

## ABSTRACT

It was used data collected during the meteorological experiment for evaluation of the moisture flux in the Amazon coast (FLUAMAZON), which took place from Nov. 23-Dec. 21. The daily evapotranspiration was estimated by using the residuo of the moisture balance equation. The results of this estimatives, are coherent with the mean values calculated by Marques et.al. (1980) using the same methodology. The mean daily rates of precipitation and evapotranspiration in the area of the FLUAMAZON, were 6.4 mm and 3.3 mm, respectively, suggesting that 52 % of the precipitation was originated from the evapotranspiration. This percentual decreases when strong convective activity has affected the region of the experiment.

## 1. INTRODUÇÃO

Os efeitos climáticos provocados pelo desmatamento da Amazônia são fatos que vem preocupando a comunidade científica. O suprimento atmosférico de umidade poderá ser afetado pelo desmatamento pois segundo Marques (1990) este suprimento de umidade na Amazônia é feito através do transporte oceânico de vapor d'água e, principalmente pela evapotranspiração da região. A importância destes mecanismos de abastecimentos de umidade para os sistemas convectivos precipitantes que afetam a Amazônia, é relatada por Marques et. al. (1980). Alguns pesquisadores mostram que a evapotranspiração é mais importante que o transporte de umidade para a Região, contribuindo com taxas superiores a 50% da precipitação anual da Amazônia (Molion, 1975 e Marques, 1978).

As estimativas da evapotranspiração são feitas pelo cálculo da equação do balanço de umidade. Esta técnica foi utilizada por Pedigo e Vincent (1990), para estimativa da precipitação, com resultados satisfatórios com relação aos valores climatológicos da precipitação observadas nos trópicos.

Neste trabalho avalia-se os resultados de estimativa da evapotranspiração médias diária e do período do experimento, feitas pelo residuo da equação do balanço de vapor d'água para os sistemas precipitantes que afetam a Região Amazônica.

## 2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos durante o experimento FLUAMAZON, realizado no período de 23 de novembro a 21 de dezembro de 1989, através de radiossondagens feitas simultaneamente nas estações de ar superior localizadas em Alcântara (02° 19' S, 44° 25' W), Belém (01° 23' S, 48° 29' W), Oiapoque (03° 48' N, 51° 51' W), Manaus (03° 09' S, 59° 59' W), Alta Floresta (09° 52' S, 56° 06' W). Os dados de precipitação diária foram coletados pela rede de estações de superfície dos Departamentos Nacionais de Meteorologia (DNEMET) e de Águas e Energia Elétricas (DNAEE).

O procedimento matemático aplicado para o balanço de umidade é basicamente o mesmo apresentado por Yanai et.al. (1973), com o sumidouro aparente de umidade de umidade ( $Q_2$ ), dado por:

$$Q_2 = - \left[ \frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{F} \right] = P_0 - E_0$$

onde:  $W$  é a água precipitável (mm), definida por:

$$W = \frac{1}{g} \int_{P_t}^{P_{sf}} \bar{q} dp ;$$

$\vec{F} = F_x i + F_y j$ , é o fluxo de umidade integrado na coluna atmosférica ( $\text{Kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), com componentes zonal ( $F_x$ ) e meridional ( $F_y$ ), determinadas pelas equações:

$$F_x = \frac{1}{g} \int_{P_t}^{P_{sf}} \bar{q} u dp \quad \text{e} \quad F_y = \frac{1}{g} \int_{P_t}^{P_{sf}} \bar{q} v dp ;$$

$q$  é a umidade específica ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) ;

$u$  e  $v$  são, respectivamente, as componentes zonal e meridional da velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ) ;

e  $g$  é a aceleração da gravidade ( $\text{m s}^{-2}$ ).

A média na área do experimento da divergência do fluxo de umidade integrada na coluna atmosférica, é determinada pelo teorema de Green. A derivada com relação ao tempo da água precipitável é feita por diferenças finitas centradas e a precipitação média na área foi calculada pela média aritmética entre os valores interpolados em pontos da grade definida pelos meridianos de 42,5° W e 62,5° W e os paralelos de 5° N e 12,5° N e com espaçamento de 2,5°.

## 3. RESULTADOS

A precipitação total média na área observada durante o experimento foi de 201,7 mm, caracterizando o período como de transição entre as épocas chuvosas e de estiagem na Região. Entretanto, segundo Rocha (1991), a variação diária da precipitação média na área do experimento mostra que: 1) o período inicial do experimento (23/11 a 08/12/89), foi marcado por baixo índice pluviométrico, quase sempre menor que 5mm dia ; 2) houve um pequeno acréscimo na precipitação no período de 08 a 14/12/89, com um máximo de 10mm dia, observado no dia 11/12; 3) a maior parte da precipitação ocorrida durante o experimento (74%), foi observada nos treze últimos dias; 4) os máximos diários de precipitação foram observados nos últimos três dias e foram provocados por um aglomerado convectivo associado a um sistema extra-tropical do hemisfério sul.

As estimativas da evapotranspiração diária através do resíduo da equação do balanço de umidade (Tabela 3.1), sugerem que esta metodologia deve ser aplicada com cautela para intervalo de tempo extremamente curto (valores diário). Provavelmente a pequena precisão desta metodologia está associada a baixa densidade das redes de estações pluviométricas e ar superior.

TABELA 3.1-BALANÇO DIÁRIO DE UMIDADE MEDIO DURANTE O PERIODO DO EXPERIMENTO FLUAMAZON ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

Variáveis Dias	Influxo de Umidade	Afluxo de Uida.	Var. Loc. de Umidade	Diverg. de Umidade	Precipi	Evapot.
23	11,7	-17,3	-1,1	5,6	0,1	4,6
24	9,1	-10,1	0,6	1,0	1,1	2,7
25	9,5	-5,7	3,4	-3,8	1,2	0,8
26	10,0	-8,6	1,7	-1,4	4,0	4,3
27	13,9	-15,2	-0,6	1,3	1,3	2,0
28	13,2	-13,6	-0,8	0,4	2,5	2,1
29	10,2	-8,9	0,6	-1,3	3,9	3,2
30	—	—	2,0	—	4,0	—
01	10,7	-3,1	1,6	-7,6	3,4	(-2,6)
02	11,3	-8,6	1,2	-2,7	7,8	6,3
03	11,8	-5,2	0,4	-6,6	1,4	(-4,8)
04	10,0	-7,7	0,6	-2,3	3,0	1,3
05	10,2	-10,1	1,6	-0,1	4,9	6,4
06	10,9	-9,5	1,0	-1,4	4,2	3,8
07	10,7	-7,1	2,4	-3,6	4,7	3,5
08	11,2	-10,2	1,9	-1,0	5,7	6,6
09	16,1	-13,1	-1,4	-3,0	8,1	3,7
10	16,4	-9,8	-1,4	-6,6	8,1	0,1
11	14,0	-7,3	-2,6	-6,7	9,7	0,4
12	12,2	-7,7	0,4	-4,5	6,7	2,6
13	9,2	-13,3	2,4	4,1	6,2	12,7
14	13,4	-9,1	0,1	-4,3	5,2	1,0
15	14,0	-2,6	-2,0	-11,4	11,4	(-2,0)
16	14,3	-7,8	0,2	-6,5	10,3	4,0
17	12,9	-11,0	2,6	-1,9	10,5	11,2
18	14,7	-11,1	0,4	-3,6	9,9	6,7
19	20,5	-5,8	-1,3	-14,7	25,0	9,0
20	14,4	-0,9	-2,5	-13,5	16,4	0,4
Média	12,1	-8,9	0,4	-3,6	6,5	—

A análise dos termos da equação do balanço de umidade foi feita também, considerando-se períodos maiores de tempo, obtendo-se resultados mais satisfatórios. A tabela 3.2 mostra valores médios destes termos durante o experimento e médias considerando-se dois sub-períodos. O primeiro marcado por uma forte estiagem e o segundo caracterizado pela penetração de um aglomerado convectivo associado a um sistema extra-tropical do hemisfério sul. Os resultados mostram que no sub-período com convecção intensa, a maior contribuição de vapor d'água para o sistema precipitante é proveniente da convergência de umidade, enquanto que no sub-período com pouca precipitação a evapotranspiração é mais importante. Entretanto a média do experimento suaviza estes fatos, fazendo com que a evapotranspiração contribua com 52% da precipitação observada na área do experimento.

TABELA 3.2-BALANÇO DE UMIDADE MÉDIO ( $\text{mm dia}^{-1}$ ) DURANTE OS PERÍODOS DO EXPERIMENTO, DE ESTIAGEM E CHUVOSO.

Períodos	W/ t	F	Precip.	Evapot.	Razão E/P (%)
Experimento	0,4	-3,5	6,4	3,3	52
Estiagem	0,7	-0,3	2,3	2,5	109
Chuvoso	-1,9	-13,4	20,7	5,6	27

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que:

1) A estimativa da evapotranspiração média diária feita pelo resíduo da equação do balanço de umidade não são boas, pois os campos de precipitação, água precipitável e fluxo de umidade foram calculados por uma rede de estações deficientes. Portanto, é necessário a melhoria da densidade da rede de estações de superfície e ar superior para utilização desta técnica em estimativas diárias da evapotranspiração.

2) As taxas da evapotranspiração estimada e precipitação média na área do experimento foi 3,3 mm dia e 6,4 mm dia, respectivamente, assim 52% da precipitação foi proveniente da evapotranspiração da Região. Entretanto esta contribuição diminui, quando se observa sistemas convectivos intensos na Região, neste caso, a convergência de umidade passa a ser a principal fonte de vapor d'água para a precipitação observada.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Marques, J.. A transferência horizontal de vapor d'água na troposfera e a hidrologia da bacia amazônica. Tese de Doutorado. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Piracicaba, setembro de 1978.

-----; Santos, J. e Salati, E.. A divergência do campo do fluxo de vapor d'água e as chuvas da região amazônica. Acta Amazônica, 10(1), 1980, pp.133 a 140.

Marques, J.; Sucharov, E. e Washigton, D.. Determinação dos componentes do ramo aéreo do ciclo hidrológico sobre a América do Sul. In: Anais do VI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol.II, Salvador, 1990, pp.425 a 429.

Molion, L. C. B.. A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazonas Basin with considerations of deforestation effects. PhD. Thesis, University of Wisconsin Madison, 1975, 133p..

Pedigo, C. and Vincent, D.. Tropical precipitation rates during SOP-1, FGGE, estimated from heat and moisture budgets. Monthly Weather Review, 118, 1990, pp.542 a 557.

Rocha, E.J.P.. Balanço de umidade na Amazônia durante o experimento FLUAMAZON. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ciências Atmosféricas-USP. São Paulo, setembro de 1991.