

**DESCRIÇÃO DOS RECENTES RESULTADOS DA COMPONENTE INTERCEPTAÇÃO  
DA PRECIPITAÇÃO PELA COBERTURA VEGETAL NA AMAZÔNIA.  
PARTE II: MODELAGEM DO PROCESSO**

***Vinicius da Nóbrega Ubarana***

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME

email: [vinicius@zeus.funceme.br](mailto:vinicius@zeus.funceme.br)

***Carlos A. Nobre***

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC/INPE

email: [nobre@cptec.inpe.br](mailto:nobre@cptec.inpe.br)

**Abstract**

In this work the process of interception of gross rainfall by the vegetative cover of Amazonian Rainforest in terra-firme forest is studied. The Rutter numerical model are used for the simulation of the process in obtaining of a medium value of the interception loss in the region.

**1- Introdução**

O modelo numérico de Rutter é específico ao cálculo das perdas por interceptação por uma cobertura vegetal. Trata-se de uma descrição unilaminar do dossel para um ponto onde se calcula o balanço hídrico. A cada passo de tempo é calculado as componentes que determinam as perdas pela evaporação da água, interceptação com ênfase à precipitação-sob-dossel que é a parte drenada pelo dossel e que chega ao solo através de gotejamento mais a aquela que atinge diretamente a superfície atravessando a cobertura vegetal. A outra componente é o escoamento pelos troncos que é a parte drenada pelos troncos e ramos. A perda por interceptação é justamente a diferença entre a precipitação incidente naquele ponto e a soma da precipitação-sob-dossel e o escoamento pelos troncos (precipitação efetiva). Maiores detalhes deste processo podem ser encontradas em Ubarana (1994) e Ubarana e Nobre (1996).

Neste trabalho o modelo de Rutter é utilizado para simular o processo de interceptação comparando-se os resultados com um experimento observacional, conduzido na Floresta Amazônica (Ubarana e Nobre, 1996) em dois sítios experimentais: Reserva Jarú em Ji-Paraná/RO (agosto/92 a agosto/94) e Reserva Vale do Rio Doce em Marabá/PA (setembro/92 a janeiro/94). Este trabalho de modelagem, então, se baseia essencialmente no cálculo dinâmico do balanço hídrico do dossel e troncos (Valente, 1990). Ele pode, portanto, separar as contribuições do dossel (folha e ramos) e troncos no processo. O modelo requer dados horários de: saldo de radiação, temperatura, umidade, vento e precipitação.

**2- Descrição do modelo**

Detalhes completos deste modelo podem ser encontrados em Rutter et al. (1971, 1975) ou Ubarana (1994). O modelo requer alguns parâmetros de estado referentes à morfologia da vegetação: a capacidade de armazenamento,  $S_c$  do dossel e  $S_t$  do troncos; o coeficiente que define a proporção da chuva que cai diretamente no solo sem desviar nos ramos e folhas denominado coeficiente de precipitação livre,  $p$ ; o coeficiente que define a quantidade de água desviada para os troncos,  $pt$ . A drenagem é considerada somente quando se atinge a saturação. É dada pela relação:

$$\begin{aligned} D &= D_s \exp[b(Mc - S_c)] , \text{ se } Mc \geq S_c \\ D &= 0 , \text{ se } Mc < S_c \end{aligned} \tag{1}$$

onde,  $M_c$  é o valor armazenado no dossel por passo de tempo e  $D_s$  é o valor da drenagem quando  $M_c = S_c$ . O parâmetro  $b$  representa a taxa de aumento da drenagem com a quantidade de água armazenada no dossel. O modelo calcula, a cada passo de tempo, o total interceptado integrando os valores de precipitação-sob-dossel, escoamento pelos troncos e a evaporação da água interceptada das superfícies molhadas através da formulação de Penman-Monteith, além do valor armazenado no dossel  $M_c$ :

$$E_{wp} = \frac{\Delta R_n + \rho c_p \delta e^* / r_a}{\lambda(\Delta + \gamma)} \quad (2)$$

onde,  $\Delta$  é a taxa de aumento, com a temperatura, da pressão de vapor de saturação,  $R_n$  é o saldo de radiação,  $\rho$  e  $c_p$  são a densidade e calor específico do ar, respectivamente,  $\delta e^*$  é o déficit de pressão de vapor,  $r_a$  é a resistência aerodinâmica ao transporte de vapor,  $\lambda$  é o calor latente de vaporização da água,  $\gamma$  é a constante psicrométrica e  $E_{wp}$  é a evaporação potencial. Com os dados forçantes horários, a cada passo de tempo o modelo calcula a resistência aerodinâmica através da relação  $r_a = f/u$ , onde  $f$  é uma constante (Rutter et al., 1971). Na ausência de valores experimentais,  $r_a$  é frequentemente computada em função da velocidade do vento, altura da vegetação e comprimento de rugosidade. O valor adotado por Lloyd et al. (1988) e obtido por Shuttleworth et al. (1987), para a Reserva Ducke - Manaus/AM, onde  $f$  é estimado diretamente da transferência de momentum, é de  $f=34,2$ . Recentemente, novos dados obtidos pelo Projeto ABRACOS sugerem um melhor valor para a Floresta Amazônica de  $f=33$  (Wright et al., 1996). Este valor é aqui adotado.

Como em Lloyd et al. (1988), que testaram o modelo para a Reserva Ducke, aqui tenta-se remover o erro devido ao aumento sistemático no tempo de duração de uma chuva. Para isto os dados forçantes foram modificados de modo a se minimizar este erro. Dividi-se a duração de cada hora de informação em duas meias-hora, supondo a chuva acontecer inteiramente na segunda ou primeira metade, se a hora anterior é chuvosa ou seca, respectivamente (Ubarana, 1994). Os dados meteorológicos de superfícies horários, forçantes do modelo, foram coletados nas mesmas estações automáticas que amostram a precipitação incidente e pertencem ao conjunto do Projeto ABRACOS. O modelo foi rodado para o mesmo período do experimento observacional.

### 3 - Parâmetros utilizados

Todos os parâmetros da vegetação utilizados pelo modelo, a menos dos parâmetros de drenagem, foram derivados do experimento observacional instalado e conduzido pelo autor, nos sítios experimentais, e têm uma boa descrição em Ubarana (1996). Veja a Tabela 1.

*Tabela 1 - Parâmetros utilizados pelo modelo Rutter derivados para os sítios experimentais*

Definição	Unidade	Valor
$S_c$ - Capacidade de armazenamento do dossel/Ji-Paraná	mm	1,03
$S_c$ - Capacidade de armazenamento do dossel/Marabá	mm	1,25
$S_t$ - Capacidade de armazenamento dos troncos/Ji-Paraná	mm	0,09
$S_t$ - Capacidade de armazenamento dos troncos/Marabá	mm	0,1
$D_s$ - Drenagem quando ( $M_c=S_c$ )	mm/min	0,0014
$b$ - Aumento da drenagem com a variação de $M_c$	-	5,25
$p$ - Coeficiente de precipitação livre/Ji-Paraná	-	0,031
$p$ - Coeficiente de precipitação livre/Marabá	-	0,044
$p_t$ - Coeficiente de precipitação desviada aos troncos/Ji-Paraná	-	0,010
$p_t$ - Coeficiente de precipitação desviada aos troncos/Marabá	-	0,023

#### 4 - Resultados e discussão

A Tabela 2 resume os totais acumulados, para o período de estudo, obtidos com o experimento observacional e o estimado pelo modelo de Rutter. Observe que o valor percentual indicado é sempre em relação à precipitação incidente.

*Tabela 2 - Valores percentuais observados e estimados para os sítios de estudo*

Parâmetro/sítio	Valores estimados modelo Rutter	Valores observados (Ubarana, 1996)
Perdas totais por interceptação/Ji-Paraná	15,6%	11,6%
Perdas totais por interceptação/Marabá	84,7%	12,9%
Precipitação-sob-dossel/Ji-Paraná	83,4%	87,0%
Precipitação-sob-dossel/Marabá	84,7%	86,2%
Escoamento pelos troncos/Ji-Paraná	1%	1,4%
Escoamento pelos troncos/Marabá	1,2%	0,8%

Nas Figuras 1(a) e 1(b) observa-se os totais estimados, pelo Modelo de Rutter, das perdas por interceptação, em mm, comparados aos valores observados no experimento para Ji-Paraná e Marabá, respectivamente. O Modelo de Rutter estimou um total de 557,7 mm de interceptação para Ji-Paraná, o que representa 15,6% da precipitação incidente total. Neste mesmo sítio a precipitação-sob-dossel foi estimada em 2971,9 mm (83,4%) e o escoamento pelos troncos foi de 34,2 mm (1,0%). Em Marabá o modelo estimou um total de 232,9 mm de interceptação o que representa 14,1% da precipitação incidente total (1649,9 mm). O total de precipitação-sob-dossel foi de 1397,3 mm (84,7% da precipitação incidente) e o escoamento pelos troncos foi estimado em 19,7 mm (1,2%).

Um resultado específico à série estudada é o comportamento dos percentuais interceptados quanto às taxas de incidência da precipitação incidente. A Figura 2 mostra que para taxas bem elevadas de precipitação incidente, acima de 40mm/hora, a interceptação tem valores pequenos se comparada à precipitação incidente. No extremo oposto, quando se verifica chuvas com taxas menores que 2mm/hora, as perdas por interceptação podem chegar a quase 60 ou 70% do total da precipitação ocorrida em uma hora. São eventos de chuva muito fracos que, por vezes, nem chegam a saturar o dossel. Resultados semelhantes, também com o Modelo Rutter, foram obtidos por Ubarana (1994).

O comportamento da interceptação, seja nas variações de mês para mês, seja de estação para estação (como mostra Ubarana, 1994) mostra que o processo em florestas tropicais é bastante claro: rapidamente, em regimes tropicais, a saturação é atingida. Isto pode ser evidenciado pela Figura 2. Este fato deve-se à intensidade da precipitação ou, como cita Valente (1990), pela estrutura foliar da vegetação local que possui folhas grandes, lisas e com uma camada cerosa que tende a diminuir a capacidade de retenção da água. Pode-se pensar também que a própria orientação e formato das folhas facilita a drenagem.

Outro resultado específico é o comportamento sazonal da interceptação. Para Ji-Paraná/RO, onde a série é razoável para uma análise com duas estações secas e duas chuvosas. A primeira estação chuvosa cobre o período de dezembro de 92 a março de 93 e a segunda, dezembro de 93 a março de 94. As estações secas são: junho/93 a setembro de 93 e junho/94 a setembro/94. Para as duas estações chuvosas o que se observou foi uma significativa variação percentual, em relação à precipitação incidente, da interceptação das estações chuvosas para a seca. As perdas percentuais são bem maiores e importantes nos períodos secos em comparação ao período das chuvas. Durante os meses secos, além da menor quantidade de precipitação incidente, grande parte é perdido por evaporação nos intervalos entre eventos. A vegetação passa mais tempo seca do que molhada existindo uma grande diferença entre as resistências aerodinâmicas e de superfície, sendo a primeira muito maior que a segunda. Isto significa que a água pode evaporar-se a uma taxa mais rápida que

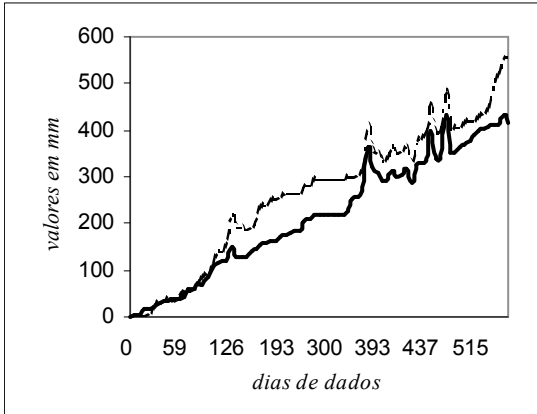
a transpiração. Para o período chuvoso, em grande parte do tempo, o déficit de pressão de vapor e a energia disponível têm valores baixos, fazendo com que a taxa de evaporação seja semelhante a da transpiração.

Apesar de possuir algumas desvantagens de ordem prática, como a necessidade de se ter dados meteorológicos horários detalhados, o modelo Rutter simula adequadamente o processo de interceptação dentro de suas limitações. O resultados obtidos mostram um desempenho similar ao obtido por Lloyd et al. (1988) para a Reserva Ducke. Considerando-se que o erro associado às observações é bastante elevado para os parâmetros estudados, a diferença de aproximadamente 3% entre o valor observado e o valor estimado, encontrada para os dois sítios, é aceitável.

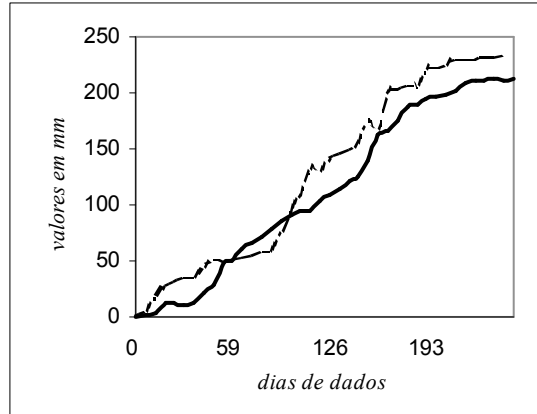
## Referências

- Lloyd, C. R., Gash, J. H. C., Shuttleworth, W. J. and Marques, A. O., 1988. The measurements and modeling of rainfall interception by Amazonian rainforest. *Agric. and For. Meteorol.*, 43:277-294.
- Rutter, A. J., Kershaw, K. A., Robins, P. C., Morton, A. J., 1971. A predictive model of rainfall interception in forest. I. Derivation of the model from observations in a plantation of corsican pine. *Agric. Meteorol.*, 9:367-389.
- Shuttleworth, W. J., Gash, J. H. C., Lloyd, C. R., Moore, C. J., Roberts, J. M., Molion, L. C., Nobre, C. A., de Abreu Sa, L. D., Filho, A. O. M., Fisch, G., Januario, M., Fattori, A. P., Ribeiro, M. N. G., Cabral, O. M. R., Patel, S. R., Moraes, J. C., 1984a. Eddy correlation measurements of energy partition for Amazonian forest. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 110:1143-1162.
- Ubarana, V. N., 1994. Experimentos observacionais e modelagem das perdas por interceptação da precipitação na Floresta Amazônica. Msc. *Thesis at Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos/Brasil*. INPE 5583 TDI/545.
- Ubarana, V. N. e Nobre, C. A., 1996 Descrição dos Recentes Resultados da Componente Interceptação da Precipitação Pela Cobertura Vegetal na Amazônia. Parte I: O Experimento Observacional. *Neste volume*.
- Valente, F. M. R. T. ,1990 Interceptação da precipitação por cobertos arbóreos: as condicionantes físicas e a modelação do processo. *In: Universidade Técnica de Lisboa (Editor)*, Lisboa/Portugal
- Wright, I.R., Nobre, C.A., Tomasella, J., Rocha, H.R., Roberts, J.M., Vertamatti, E., Culf, A.D., Alvalá, R.C.S., Hodnett, M.G. and Ubarana, V.N., 1996. Towards a GCM surface parameterisation for Amazonia. *Amazon Deforestation and Climate - ABRACOS Project*.

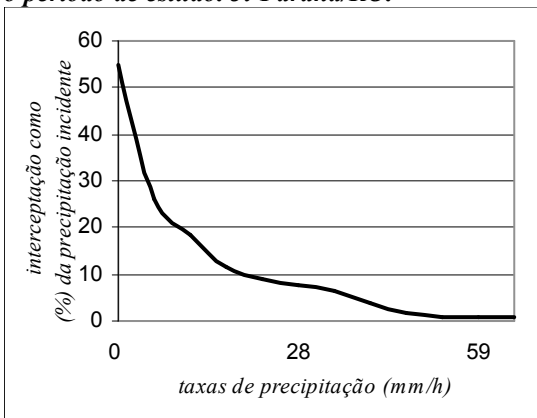
## Figuras



**Figura 1a-** Valores das perdas por interceptação estimados pelo modelo (--) e observado (—) para o período de estudo. Ji-Paraná/RO.



**Figura 1b-** Valores das perdas por interceptação estimados pelo modelo (--) e observado (—) para o período de estudo. Marabá/RO.



**Figura 2-** Valores percentuais da interceptação, estimados pelo modelo Rutter, para diferentes taxas de precipitação incidente. Todo o período estudado em Ji-Paraná/RO.