

Medida e Modelagem da Intercepção da Chuva em uma Área Florestada na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais

Cristiane Peixoto Vieira

Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam/MG

Belo Horizonte/MG – cris.crisvieira@yahoo.com.br

Luiz Rafael Palmier

Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos/UFMG

Belo Horizonte/ MG

palmier@ehr.ufmg.br

Recebido: 22/01/05 revisado: 19/07/05 aceito: 03/05/06

RESUMO

Estudos realizados em áreas florestadas experimentais mostram que as perdas por intercepção representam uma variável adicional no cálculo do balanço hídrico de uma região. São vários os exemplos encontrados na literatura da influência das florestas temperadas sob essas perdas por intercepção, porém, pouco se sabe sobre a evaporação em florestas tropicais. No Brasil, poucos são os trabalhos experimentais que se dedicam à análise das perdas por intercepção e em menor número são as tentativas de modelagem desse fenômeno.

Dessa forma, um estudo da separação da chuva - em perdas por intercepção, chuva que atravessa a vegetação e fluxo de água que escoar pelo tronco das árvores - foi realizado no campus universitário da Universidade Federal de Minas Gerais - entre 01/97 e 06/98. Essa área pertence à bacia hidrográfica do Córrego Engenho Nogueira, onde a UFMG, em convênio com o CDTN - Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear-, implantou uma bacia experimental.

Os dados da quantidade de água que atinge o solo diretamente ou por drenagem dos troncos foram obtidos a partir de 10 pluviômetros distribuídos aleatoriamente e de coletores instalados em 6 árvores representativas em uma área de 10x10m, situada em uma região florestada da bacia experimental. A chuva acumulada utilizada neste estudo foi de 1087mm. As parcelas da chuva coletada pelos pluviômetros e escoada pelos troncos foram, respectivamente, de 67% e 10% da chuva total. Assim, a perda por intercepção relativa ao período em estudo foi estimada em $23 \pm 8\%$ da precipitação medida.

Dois modelos numéricos de previsão de valores das perdas por intercepção em áreas florestadas - Gash e Rutter - foram descritos e aplicados neste trabalho. Ambos os modelos foram capazes de estimar as perdas por intercepção em florestas tropicais de forma semelhante a que o fazem em florestas temperadas. Entretanto, observou-se que esses subestimam as taxas entre perdas por intercepção e chuva total: 20% da chuva para o modelo de Gash e 19% para o modelo de Rutter contra 23% da chuva para as perdas estimadas a partir de medições em campo. Isto é causado por grandes diferenças na intercepção medida e calculada pelos modelos em dias com chuva superiores a 25mm.

Palavras-chave: intercepção; modelagem; bacia experimental; área florestada.

INTRODUÇÃO

Variações no uso do solo podem ter consequências hidrológicas importantes. Foi a partir de 1950 que os primeiros estudos começaram a indicar que as perdas por evaporação das florestas eram maiores do que as perdas na grama (Law, 1956, apud Calder, 1990). Esses resultados foram polêmicos uma vez que se acreditava na dependência da disponibilidade de energia radiante para a ocorrência da evaporação de florestas ou de qualquer outro tipo de cobertura vegetal. Estando as florestas ou

gramas sujeitas às mesmas condições climatológicas, não deveria haver razão para as diferenças encontradas.

Começou-se, então, a perceber que o tipo de vegetação presente em uma bacia hidrográfica influencia o balanço de radiação superficial do local. Vegetações mais altas, como florestas, geralmente refletem menos radiação solar do que vegetações rasteiras (Shuttleworth, 1992). Desta forma, conhecer a vegetação predominante na bacia e as consequências hidrológicas causadas por variações na cobertura vegetal é essencial no processo de quanti-

ficação da interceptação vegetal e no entendimento do comportamento hídrico dessa bacia.

Calder (1990) observou que, para regimes de chuvas maiores do que 1000mm anuais, as perdas anuais por interceptação em florestas do Reino Unido eram de aproximadamente 35% da precipitação total. Essas relações podem ser ainda superiores; valores da ordem de 50% da precipitação total foram medidos em uma região na costa oeste do Reino Unido, provavelmente relacionado às altas velocidades do vento no local (Palmier, 1995).

Resumir as inferências dos resultados de bacias experimentais pode ser, de fato, extremamente complicado pela variação das condições experimentais e a forma como estas são apresentadas. Entretanto, mesmo que o comportamento hidrológico das bacias esteja sujeito a características particulares, a crescente observação e medição dos componentes do ciclo hidrológico em diversas bacias experimentais é que tem proporcionado avaliar a influência das diferentes coberturas vegetais.

No Brasil, efeitos de substituições de áreas florestadas por áreas agrícolas ou urbanizadas e suas conseqüências têm aumentado o interesse em se pesquisar a hidrologia de florestas. Dessa forma, estudos experimentais têm surgido, uma vez que resultados de repetidos experimentos podem ser mais confiáveis do que conclusões baseadas na teoria da evapotranspiração.

Uma metodologia utilizada para medição da porcentagem de chuva que atinge o solo, seja atravessando a copa das árvores ou escoando pelos troncos, em uma área florestada na região metropolitana de Belo Horizonte é apresentada nesse trabalho. Essas medidas serão posteriormente utilizadas para testar a aplicabilidade de dois modelos (Rutter e Gash) que estimam a evaporação da chuva interceptada, podendo portanto, extrapolar os resultados para florestas com condições climáticas similares àquelas onde se desenvolveu o experimento. Esses modelos têm sido aplicados, com sucesso em várias florestas temperadas; entretanto, pouco se conhece sobre o comportamento desses em florestas tropicais.

ESTUDOS DE PERDAS POR INTERCEPTAÇÃO NO BRASIL

Algumas medições foram realizadas na floresta Amazônica, na Serra do Mar, em Viçosa, Minas Gerais, em São Paulo e no Paraná, entre outras (Le-

opoldo et al., 1982; Ferreira et al., 2005; Lloyd e Marques, 1988; Arcova et al., 2003; Oliveira e Dias, 2005, Netto et. Al., 1986).

As perdas por interceptação encontradas apresentaram grandes variabilidades com valores que variaram de 7,2% a 30%, dependendo do tipo de floresta. Lloyd e Marques (1988), através de um experimento na floresta Amazônica, concluíram que as florestas tropicais são, sem dúvida, o tipo de floresta mais difícil de se medir as perdas por interceptação, principalmente quando essa perda é uma pequena fração da chuva total. Eles mostraram que estações fixas que coletam chuva abaixo das árvores dão uma taxa de interceptação maior do que aquelas que são periodicamente reposicionadas.

Apesar da literatura encontrada indicar uma tendência de % de perdas maiores em florestas temperadas do que em florestas tropicais, observa-se que perdas por interceptação em florestas brasileiras atingem valores consideráveis e não devem ser desprezados, principalmente se forem considerados os altos índices pluviométricos nessas regiões.

SÍTIO EXPERIMENTAL

A área de desenvolvimento do trabalho situa-se na região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, nos limites do campus universitário da Universidade Federal de Minas Gerais, entre as coordenadas 19° 51' de latitude sul e 43° 58' de longitude oeste.

A vegetação do campus é formada por remanescentes secundários de floresta mesófila semi-decídua e de cerrado (França, 1994). A fisionomia desse tipo de floresta, como o campus universitário - entre 805m e 875m - é marcada por árvores de porte entre 10 e 15m, com poucos indivíduos emergentes.

Dentro da parcela experimental de 100m² a densidade das árvores foi considerada alta - 0,6 árvores/m² - mas a maioria delas tem um caule fino, como é típico desse tipo de vegetação - 59% dos troncos apresentam um perímetro menor do que 20cm. O estrato arbóreo é bastante denso, com árvores próximas, copas sobrepostas, garantindo um sombreamento denso do solo.

A temperatura média anual na é de 20°C e a umidade relativa média anual está em torno de 73%. A evaporação potencial total anual média é de 900mm e o período chuvoso compreende, em geral, os meses de outubro a março - precipitação total anual de 1.500mm.

MÉTODOS

Medição da chuva

A chuva total que incide sobre a floresta é, em muitos trabalhos, estimada a partir da chuva medida em uma área aberta a alguns metros da região florestada. Apesar dessa forma de medição ser questionável por se acreditar em resultados não representativos em locais de chuvas convectivas, por outro lado, a alternativa de se medir a chuva em medidores montados acima das copas das árvores é sempre complicada. Comparações de medições realizadas em áreas adjacentes à floresta e no topo das árvores variam de 2% (Gash e Stewart, 1977) a 40% (Palmier, 1995) dependendo da região e principalmente das velocidades do vento no local.

Nesse estudo, a chuva foi medida em uma área adjacente à floresta, na estação meteorológica operada pelo CDTN. Nessa estação são medidas variáveis climatológicas e precipitação através do sistema automático de aquisição de dados. A chuva é ainda registrada continuamente por um pluviógrafo e manualmente por um pluviômetro.

Medição da precipitação interna (Throughfall)

A variabilidade espacial dos dados de chuva coletados embaixo das árvores depende de uma série de fatores relacionados com as características da floresta (Crockford e Richardson, 1990a). Portanto, um número considerável de medidores é requerido para uma estimativa da parcela da precipitação que atinge o solo diretamente ou por drenagem – precipitação interna. A quantidade e o tipo de medidores utilizados na medição dessa precipitação não têm sido padronizados e os pesquisadores não têm deixado claro como eles estabeleceram o número de medidores necessários para a amostragem da precipitação interna.

Para o tipo de chuva da região em estudo (precipitação interna maior do que 15mm), Helvey e Patrick (1965) sugeriram um número variando de 6 a 15 medidores, que deveriam ser relocados periodicamente. Essa rotação tem o efeito de reduzir o erro padrão se o valor da observação de um evento provém da média das observações coletadas em diferentes locais (Jackson, 1971).

Os dados de precipitação interna foram medidos por meio de 10 pluviômetros, localizados aleatoriamente na área de 10x10m² dividida em uma malha de 1m². A chuva coletada nesses pluviômetros foi medida diariamente às 9 horas da manhã, chegando ao máximo de 72 horas de chuva acumulada

no período entre 01/97 e 06/98. Uma vez por semana os pluviômetros foram relocados de acordo com uma distribuição uniforme. O valor da quantidade de água que atravessa a vegetação foi estimado pela média dos valores coletados nos 10 pluviômetros.

Medição da Precipitação que escoou pelo tronco das árvores (Stemflow)

A dificuldade de medição em florestas naturais com diversidade de espécies e tamanhos de árvores, aliada à pequena quantidade de água escoada comparada com a chuva total, são fatores responsáveis pelo desprezo, em muitos estudos, da parcela de precipitação que escoou pelos troncos das árvores. Entretanto, o escoamento pelo tronco tem alcançado valores entre 1 e 20% da precipitação total que incide sobre a floresta, dependendo da intensidade da precipitação, da época do ano e do tipo da floresta, chegando a 28% da precipitação total em uma floresta subtropical no Brasil (Castro et al., 1983).

O escoamento pelo tronco foi medido em seis árvores consideradas representativas em função de suas dimensões, espécie e localização, simultaneamente com a chuva coletada pelos pluviômetros sob a floresta. Uma seção em U foi feita em uma mangueira de borracha. Essa mangueira foi fixada à árvore em espiral descendente circulando 2 ou 3 vezes o tronco da árvore. A parcela da água de chuva que desce pelo tronco foi acumulada em um coletor e medida manualmente.

Um grande problema encontrado quando se trabalha com o escoamento pelo tronco é a dificuldade de transformar o volume de água coletado nas árvores em mm de altura equivalente de chuva. Uma forte correlação do escoamento pelo tronco com o diâmetro das árvores foi identificada por Leonard (1961, apud Helvey e Patrick, 1965) e, mais tarde, Rutter (1963, apud Helvey e Patrick, 1965) estabeleceu uma relação linear para o quadrado do diâmetro do tronco na altura do peito.

San Jose e Montes (1992) mostraram que é evidente o efeito do diâmetro do tronco no volume d'água recolhido no coletor, concluindo, com base em estudo experimental realizado na Venezuela, que as árvores de troncos maiores contribuem, proporcionalmente, com um fluxo menor do que as árvores de troncos mais finos. Essa conclusão também se aplica à área de estudo, e dessa forma pôde-se optar pela conversão do volume escoado para uma porcentagem da chuva usando o diâmetro medido na altura do peito.

Perdas por intercepção

A perda por intercepção para cada evento de chuva foi estimada pela diferença entre a chuva medida na estação climatológica e a soma das chuvas coletadas no tronco e debaixo das árvores. Em intervalos semanais, a perda por intercepção não pode ser negativa; portanto, a qualidade dos dados pode ser verificada por essa análise.

ANÁLISE DOS DADOS MEDIDOS

Precipitação interna

As diferenças no volume de precipitação interna anual coletado em diferentes florestas dependem de vários fatores, entre eles o índice de área foliar, a estratificação das folhas, o número de galhos individuais acima dos coletores e a densidade. Uma regressão linear múltipla dessas variáveis explicou 65% da variação na precipitação interna anual entre os coletores (Scatena, 1989). Se a floresta é homogênea, essas propriedades tendem a ser uniformes e para chuvas de mesma intensidade acredita-se que a relação entre a precipitação interna e a chuva total é preservada.

Um primeiro estudo da precipitação interna coletada na área florestada do campus da Pampulha foi feito usando as medidas realizadas nos dez coletores distribuídos aleatoriamente na área de 100m².

Dentro dos eventos observados, a precipitação interna total anual foi 423mm e 310mm, em 1997 e 1998, respectivamente. Como a precipitação interna e o escoamento pelo tronco são medidos por amostragem, alguns autores têm apresentado os resultados com um erro padrão da média associado a esse, obtido através da equação (1) (Jackson, 1971, Gash e Stewart, 1977; Lloyd e Marques, 1988:

$$\zeta = \sigma / \sqrt{n} \quad (1)$$

onde ζ representa o erro padrão da média, σ o desvio padrão e n o número de medidores usados para se efetuar as medições.

O valor total e o erro padrão da precipitação interna foram avaliados como 733 ± 58 mm, o que significa um erro padrão de 8%. Melhoras nesse valor podem ser obtidas por um aumento no número de estações de medição da precipitação interna e/ou por um aumento no número de relocações dos medidores (Lloyd e Marques, 1988). Para Durocher (1990), o erro padrão que pode ser tolerado é

da ordem de 5%; porém, Jackson (1971) encontrou erros para a precipitação interna variando entre 6,6 e 46,7%.

Precipitação que escoo pelo tronco das árvores (Stemflow)

Como a precipitação interna, o escoamento pelo tronco também depende da natureza da cobertura vegetal e do balanço de forças que atuam na superfície líquida. A presença de epífitas (plantas que sobrevivem sobre outras como as bromélias), lianas (plantas cujos caules não são suficientemente fortes para, sustentarem o peso das copas, como ocorre com as trepadeiras que precisam de um suporte para se enrolar em um movimento espiral), troncos rugosos ou articulados (apresentam-se, em toda a extensão, nitidamente divididos em gomos, como o caule da cana-de-açúcar ou do bambu) promove um decréscimo no escoamento pelo tronco, uma vez que se incrementa o total de área disponível para retenção (Scatena, 1989).

O escoamento pelo tronco é determinado pelo número de troncos e pelo valor do escoamento produzido nas árvores por unidade de área. A taxa do valor de escoamento pelo tronco acumulado e da chuva foi de 0,10 em 68 dias de medição e o coeficiente de correlação encontrado igual a 0,95.

O erro padrão médio do escoamento pelo tronco foi da ordem de 19%, próximo do erro padrão encontrado por Gash e Stewart (1977), tipicamente entre 20 e 30%. O escoamento pelo tronco medido nas seis árvores escolhidas como representativas foi $109 \pm 20,7$ mm.

Perdas por intercepção

No processo de perdas por intercepção parte da chuva é armazenada na folha até atingir a saturação, o que corresponde à capacidade máxima de intercepção. A partir de então, a chuva que cai sobre a vegetação drenará para o solo e a intercepção só poderá ser incrementada pela evaporação durante a chuva. Para chuvas pequenas, até 10mm, observa-se que as perdas relativas por intercepção são superiores às perdas observadas em chuvas maiores. Entretanto, para chuvas moderadas, os pontos se apresentam mais dispersos e, embora a intercepção continue crescendo com o incremento da chuva, a taxa de crescimento é bem mais reduzida, tendendo a se estabilizar para eventos mais elevados. Isto pode ser visto quando se plota a intercepção, como porcentagem da chuva total, contra a chuva total incidente (figura 1).

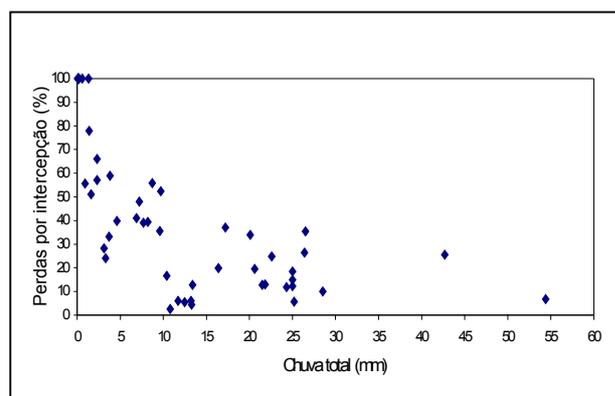


Figura 1 – Porcentagem de perdas por interceptação contra a chuva total

As perdas por interceptação para a área florestada da região metropolitana de Belo Horizonte foram estimadas como um valor médio por classes de chuva (tabela 1).

Tabela 1 – Perdas por interceptação para classes de chuva

Intervalos de classes de chuva (mm)	% interceptada
0 – 2,5	72,8
2,5 – 5,0	62,6
5,0 – 10,0	44,4
10,0 – 20,0	17,7
20,0 – 30,0	17,7
30,0 – 40,0	21,0
40,0 – 60,0	21,2

Um valor médio anual foi estimado a partir da taxa entre perdas acumuladas, observadas em cada evento, e a chuva acumulada coletada na estação meteorológica. O valor encontrado para as perdas por interceptação foi de 23% da chuva total.

MODELAGEM DO PROCESSO DE INTERCEPTAÇÃO

Os primeiros trabalhos de perdas por interceptação em uma floresta tinham seus resultados apresentados em forma de equações de regressão empíricas (Helvey e Patric, 1965). Entretanto, estas equações não consideram variáveis como a intensidade e duração da chuva e o intervalo entre os eventos chuvosos.

A partir dos anos 70, modelos fisicamente fundamentados começaram a ser propostos para estimar as perdas por interceptação em florestas, uma vez que relações empíricas têm sua aplicabilidade limitada porque seus resultados só podem ser extrapolados para florestas com condições climáticas similares àquelas onde os dados foram coletados.

A síntese do processo de interceptação é, nesse estudo, feita através de dois modelos matemáticos. Rutter et al., (1971) apresentaram um modelo que tem como parte central o armazenamento de água nas folhas; é um modelo numérico fisicamente fundamentado com entradas horárias de precipitação e de variáveis meteorológicas necessárias à estimativa da precipitação interna, do escoamento pelo tronco e da evaporação da água interceptada pela vegetação. Tem sido testado com dados de várias florestas temperadas e é considerado o método mais rigoroso para estimativa das perdas por interceptação. O modelo analítico de Gash (Gash, 1979) é um modelo conceitualmente similar ao de Rutter, baseado em uma regressão das perdas por interceptação com a chuva, combinando algumas hipóteses como a substituição da aproximação numérica do modelo de Rutter por uma análise dos eventos chuvosos.

Alguns autores utilizaram os modelos de Gash e Rutter para estimativa das perdas por interceptação com dados de uma mesma floresta; entretanto, não são normalmente apresentadas comparações dos resultados obtidos com os dois modelos, principalmente quando se trata de florestas tropicais.

Resultados satisfatórios foram obtidos aplicando os modelos de Rutter e Gash na região Amazônica (Lloyd et al., 1988). Nenhum dos modelos estimou as perdas por interceptação significativamente diferente das medidas feitas no local, cujo clima é completamente diferente daquele para o qual já tinham sido testados.

Modelo de Rutter

O armazenamento das folhas e dos troncos é preenchido pela precipitação e esvaziado pela evaporação (E) e drenagem (D). Sendo p a proporção de chuva que atinge o solo sem ser retida pela vegetação e pt a proporção de chuva que é desviada para os troncos, pode-se dizer que a taxa de entrada de água para as folhas é $(1-p-pt)P$ e a taxa de entrada de água para os troncos é ptP . Portanto, o balanço de água das folhas para qualquer período chuvoso é:

$$(1-p-p_t) \sum P = \sum D + \sum E \pm \Delta C \quad (2)$$

onde ΔC é a variação na quantidade de água, C , armazenada na copa.

No modelo de Rutter, a floresta é descrita em termos de um número de parâmetros estruturais. Assume-se que exista uma quantidade mínima de água necessária para umedecer toda a superfície das folhas. Esta quantidade corresponde à capacidade de armazenamento das folhas ou ao valor de saturação das folhas (S). Da mesma forma (St) corresponde à capacidade de armazenamento dos troncos. Quando a quantidade de água armazenada nas folhas (C) torna-se igual ou maior do que a capacidade de armazenamento dessas folhas (S), a evaporação da água interceptada nas folhas ocorre a uma taxa potencial (E_p), que é dada pela equação de Penman-Monteith (3) com a resistência superficial (r_s) igual a zero. Entretanto, se C for menor do que S a taxa de evaporação é reduzida em relação ao valor calculado de C/S .

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G) + \frac{\rho C_p}{r_a} [e_s(T_o) - e]}{\Delta + \gamma} \quad (3)$$

Sendo:

R_n - radiação líquida

G - fluxo de calor conduzido para o solo

T_o - temperatura superficial

ρ - massa específica do ar

r_a - resistência aerodinâmica

C_p - calor específico do ar

γ - constante do psicrômetro

Por analogia com a hipótese feita para as folhas, a taxa de evaporação dos troncos (E_{pt}) é obtida pela multiplicação da taxa de evaporação potencial por um fator de evaporação dos troncos (e) quando a quantidade de água armazenada no tronco (Ct) torna-se igual ou maior do que a capacidade de armazenamento do tronco (St).

Rutter et al. (1971) relacionaram o logaritmo da taxa de drenagem (D), que ocorre quando a quantidade de água nas folhas torna-se igual ou maior do que a capacidade de armazenamento (S), com a quantidade de água na folha (C) através de uma relação linear.

Conforme definido por Rutter et al. (1971), quando C é igual a S , $D_s=0,002\text{mm}/\text{min}$ e portanto:

$$D = 0,002 \exp[b(C-S)] \quad (4)$$

sendo b um parâmetro de drenagem.

A quantidade de água presente nas folhas é determinada pelo balanço entre as taxas de chuva, drenagem e evaporação. A perda por interceptação total é dada pela integração da taxa de evaporação no tempo.

A taxa de variação de água nas folhas pode ser resumida em termos da diferença entre a quantidade de precipitação que fica retida nas folhas, que depois é evaporada (Q) ou drenada (D). Isto pode ser representado através da seguinte equação:

$$\frac{dC}{dt} = Q - D_s \exp[b(C-S)] \quad (5)$$

onde Q é uma variável dada pela diferença entre a precipitação e a evaporação:

$$Q = (1 - p - p_t)P - E_p \frac{C}{S} \quad \text{para } C < S \quad (6)$$

$$Q = (1 - p - p_t)P - E_p \quad \text{para } C \geq S \quad (7)$$

Modelo de Gash

No modelo de Gash, as perdas por interceptação, que eram obtidas no modelo de Rutter a partir de uma integração analítica da taxa de evaporação no tempo, foram substituídas por uma taxa média de chuva e evaporação (E_a e R_a) deduzida para todos os eventos e aplicáveis a cada evento ocorrido.

Admite-se como simplificação que as condições meteorológicas que prevalecem durante qualquer estágio do evento chuvoso são similares às condições médias de chuva e evaporação e podem ser aplicáveis a todos os eventos e ainda que não existe drenagem das folhas durante a fase de "wetting up" - início da chuva até a saturação das folhas - e a quantidade de água nas folhas no final de um evento chuvoso é rapidamente reduzida (20 a 30 minutos) para o valor de saturação das folhas (S), independente do valor inicial quando a chuva cessa.

O modelo analítico de Gash requer estimativas dos parâmetros estruturais da folha e tronco p , p_t , S e St e ainda de E_a/R_a , que é a relação entre a taxa de evaporação média e a taxa de precipitação média para horas de chuva quando as folhas atingem a saturação. Desta forma, calcula-se a quantidade de chuva necessária para preencher a capacidade de armazenamento:

$$P'_G = (-R_a S / E_a) \ln\{1 - (E_a/R_a)(1 - p - p_t)^{-1}\} \quad (8)$$

Gash et al. (1980) reviram o modelo proposto por Gash (1979) assumindo a hipótese de que existe um evento único a cada dia chuvoso. Desta forma, as perdas por interceptação podem ser calculadas usando dados diários meteorológicos e dados diários de chuva, obtidos a partir de estações climatológicas padrões. As perdas por interceptação são dadas pela soma da evaporação das folhas e dos troncos.

Estimativa dos parâmetros dos modelos de Rutter e Gash

Para aplicação do modelo de Rutter é necessário estimar sete parâmetros: S , p , pt , St , e , Ds e b . O parâmetro referente à capacidade de armazenamento (S), definida como a quantidade de água presente nas folhas em condições de evaporação zero (Gash, 1979), é determinado pelas características da floresta, tais como a composição das espécies, índice de área superficial e capacidade de armazenamento específica dos elementos das folhas, troncos e galhos.

Devido à simplicidade, o método de regressão, ou o método de Leyton (Leyton et al., 1967 apud Rutter et al., 1971), que é baseado nas medidas de chuva, precipitação interna e escoamento pelo tronco, tem sido freqüentemente usado. Os dados de precipitação interna são plotados contra os dados de chuva total e uma linha de envoltória superior dos pontos observados é traçada.

Assume-se que a capacidade de armazenamento é o intercepto negativo da linha traçada no eixo da precipitação interna.

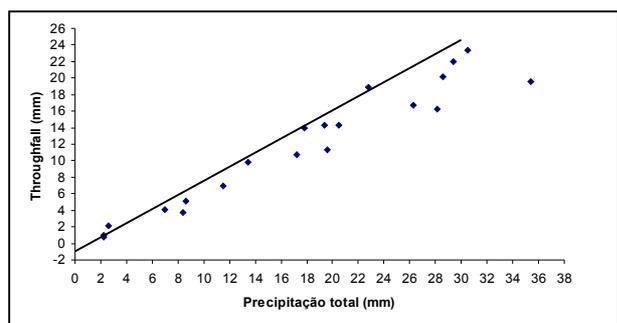


Figura 2 – Precipitação interna para chuvas maiores do que 2mm precedidas de no mínimo oito horas sem chuva.

Nesse método somente são consideradas chuvas cuja intensidade seja suficiente para saturar as folhas, considerando-se que estas estejam completamente secas quando a chuva começa. Esse valor

limite não é único e está relacionado à capacidade de armazenamento das folhas. Na concepção do método foram usadas chuvas superiores a 2,5mm enquanto que, para Gash e Morton (1978) foram utilizadas chuvas superiores a 1,5mm, precedidas de no mínimo oito horas de luz sem chuva. Na área de estudo somente chuvas superiores a 2mm foram relacionadas com a precipitação interna como mostra a figura 2.

O intercepto negativo do envoltório superior dos dados observados de precipitação interna versus chuva foi de 1mm para a floresta em estudo. A proporção de chuva que é derivada para os troncos pode ser determinada seguindo a hipótese de que a inclinação do envoltório superior é igual a $(1-pt)$. Isto corresponde a um valor de pt de 0,15.

Uma regressão entre os dados observados de escoamento pelo tronco e a chuva incidente na área florestada pode determinar a proporção de chuva desviada para os troncos (pt) e a capacidade de armazenamento desses (St). Uma tentativa de se aplicar o método na área de estudo foi feita; porém, a pouca quantidade de pontos associada à dispersão apresentaram impossibilitaram alguma conclusão sobre esses parâmetros.

Dos sete parâmetros requeridos pelo modelo de Rutter, somente dois foram possíveis de serem estimados com base nos dados obtidos entre janeiro e abril de 1997. Assim, considerou-se inviável a utilização de um modelo fisicamente fundamentado onde cinco parâmetros devem ser encontrados por um processo de otimização. Por esse motivo, optou-se por aplicar, em princípio, o modelo de Gash na área florestada do campus da Pampulha.

No modelo de Gash, os valores dos parâmetros S , p , St , pt e e são os mesmos usados no modelo de simulação de Rutter. O parâmetro S é estimado com base nos dados medidos; pt , apesar de ter sido estimado como 0,15 a partir da inclinação da reta de regressão de precipitação interna e chuva, foi encontrado por otimização, uma vez que grandes variações podem ser encontradas para esse parâmetro devido à amostragem das árvores nas quais o escoamento pelo tronco é medido. Da mesma forma, p e St também foram obtidos por otimização e assumiu-se e igual a 0,05. Para aplicar o modelo estima-se taxa de evaporação média (Ea) e precipitação média (Ra) sobre as folhas.

O método utilizado para estimar Ea e Ra foi sugerido por Gash (1979,) e é baseado na média da soma da evaporação e da precipitação para horas com precipitação acima de um determinado valor, para o qual considera-se que as folhas estarão sempre saturadas. Uma vez que as folhas estejam satura-

das, a taxa de chuva necessária para manter a saturação é dada por:

$$P'_G = \frac{E_a}{(1-p-p_t)} \quad (9)$$

Toma-se como estimativa para o local de estudo que p é igual a 0,3 e que $p_t=0,15$ (figura 2), e utilizando a evaporação média para horas com chuvas ($E_a=0,24\text{mm/h}$) obtém-se $0,40\text{mm/h}$ como o valor mínimo de chuva para que se mantenha a saturação nas folhas. Se as folhas estiverem completamente secas, Gash (1979) sugere P'_G como a chuva necessária para manter a saturação. Com os dados medidos na estação meteorológica próxima à área florestada, obtém-se uma taxa de evaporação média (E_a) de $0,24\text{mm/h}$ e uma chuva média (R_a) igual a $1,95\text{mm/h}$, para qualquer hora com chuva. Portanto, P'_G (equação 9) será $1,87\text{mm/h}$.

Os valores encontrados para a área do campus ($0,40$ e $1,87\text{mm/h}$) se assemelham muito aos valores encontrados por Gash (1979) iguais a $0,3$ e $1,3\text{mm/h}$, apesar de se tratarem de locais completamente diferentes. Para a área de estudo do campus da Pampulha adotou-se o valor limite de precipitação acima do qual as folhas continuam saturadas igual ao valor sugerido por Gash ($0,5\text{mm/h}$), uma vez que alguns testes comprovaram que pouca diferença ocorre na taxa de evaporação se o valor de precipitação adotado for diferente de $0,5\text{mm/h}$. Logo, para chuvas superiores a $0,5\text{mm/h}$, a taxa de evaporação média foi estimada como sendo $0,21\text{mm/h}$ e a taxa de precipitação média igual a $3,05\text{mm/h}$.

Um procedimento de otimização foi aplicado para encontrar um conjunto de parâmetros que proporcionem o melhor resultado para uma função dependente das perdas por intercepção medidas e estimadas pelo modelo. Na otimização de modelos hidrológicos, como os modelos de Gash e Rutter, não é possível estabelecer uma função que seja explícita com relação às variáveis a serem otimizadas; portanto, é necessário adotar critérios que estabeleçam uma função que otimize o objetivo desejado. Comparações entre valores observados e calculados pelos modelos são feitas buscando medir a discrepância entre esses valores para que essa possa ser minimizada.

Para o estudo das perdas por intercepção, o ajuste dos modelos aos dados foi feito através de: análise gráfica que compara as perdas simuladas com as perdas observadas; comparações das perdas simuladas acumuladas ao longo do período com as

perdas observadas acumuladas e maximização do coeficiente de determinação (R^2), que é a relação matemática mais comum de se utilizar para fornecer um ajuste melhor.

Minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre as previsões do modelo e os dados observados é indiretamente maximizar o coeficiente de determinação. Além de um valor máximo para R^2 , o que se espera de um programa de perdas por intercepção é que se possa estimar a perda acumulada ao final de um período qualquer com um erro mínimo, fazendo com que a diferença dos valores acumulados calculados e observados seja a menor possível em qualquer instante de tempo.

Dois conjuntos de parâmetros foram escolhidos para verificar a aplicabilidade do modelo de Gash. Os resultados da calibração estão na tabela 2:

Tabela 2 – Validação do modelo de Gash com dois conjuntos de parâmetros diferentes

	S_t	p	p_t	R^2
1	0,60	0,5	0,25	0,74
2	0,30	0,3	0,15	0,75

Com vistas a se avaliar, de forma mais global, a aplicabilidade do modelo de Rutter em floresta tropical, optou-se por fazer uma tentativa de utilização desse modelo na área florestada do campus. A disponibilidade de dados meteorológicos horários e chuva horária no local permitiu uma aplicação do modelo, apesar das dificuldades de obtenção dos parâmetros.

Limitações nas estimativas das perdas por intercepção obtidas pelo modelo de Rutter são esperadas visto que os parâmetros usados na sua aplicação foram obtidos por um processo de otimização e não segundo uma base física, como era de se esperar de um modelo onde a utilização de parâmetros empíricos tende a ser a menor possível. Dos sete parâmetros necessários: S , p , p_t , S_t , D_s , b e e , três foram arbitrados a partir do processo de otimização do modelo de Gash (p , p_t e S_t), o parâmetro S foi obtido através de análise dos dados medidos e o parâmetro e a partir de dados da literatura. Os parâmetros de drenagem foram otimizados também em um processo restrito, onde o valor mínimo foi zero e o máximo foi determinado seguindo aplicações encontradas na literatura ($0,5$ para D_s e $5,0$ para b).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na aplicação do modelo de Gash, os dois conjuntos de parâmetros calibrados (tabela 2) apresentaram resultados semelhantes quanto ao R2 e quanto à perda acumulada. O segundo conjunto foi escolhido como aquele que conduz o modelo a estimar perdas o mais próximo possível das perdas medidas. Os dados coletados entre 27/02/97 e 30/06/98 foram utilizados para validação. O desempenho do modelo foi avaliado pelo coeficiente de determinação, pelo gráfico que compara as perdas acumuladas observadas e calculadas (figura 3) e pela consideração do erro no valor das perdas por interceptação acumulada (ξ). Esse erro é definido como a diferença entre as perdas por interceptação observadas acumulada e calculada acumulada dividida pela perda por interceptação observada acumulada.

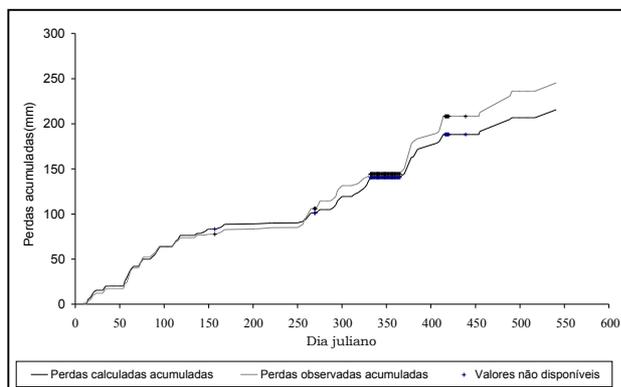


Figura 3 - Comparação das perdas observadas e calculadas pelo modelo de Gash

Com a comparação das perdas observadas e calculadas pelo modelo de Gash observa-se que, para o ano de 1997, as perdas calculadas se aproximam das perdas observadas, sendo algumas vezes menores e outras maiores do que estas, resultando em um valor calculado próximo do observado ao final do ano (140,71mm contra 144,35mm em 28/11/97). Porém, no ano de 1998, a perda acumulada no final dos seis meses de observação foi aproximadamente 26% maior do que a perda calculada pelo modelo de Gash no mesmo período.

Os maiores eventos ocorridos durante o ano de 1997 (01 a 06/01/97), não foram utilizados na calibração dos modelos pela ausência de dados de escoamento pelo tronco nesses dias. Desta forma, os parâmetros ótimos encontrados para a utilização dos

modelos foram determinados sem considerar eventos de grande intensidade de chuva.

A aplicação do modelo de Rutter foi feita da mesma forma que o de Gash. O conjunto de parâmetros que apresentou o maior coeficiente de determinação foi aplicado para todo o período de validação.

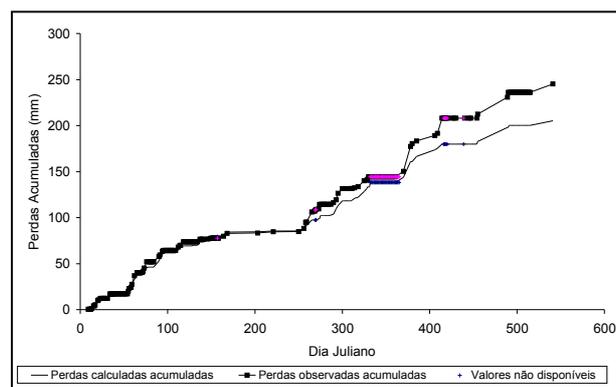


Figura 4 - Comparação das perdas observadas e calculadas pelo modelo de Rutter

Os resultados obtidos com aplicação do modelo de Rutter seguiram a mesma tendência dos resultados de Gash: o modelo estimou uma perda para o ano de 1997 mais coerentes com os dados observados do que para o ano de 1998. Um resumo dos resultados obtidos com os dois modelos para o período de 06/01/97 a 30/06/98 onde a chuva acumulada foi de 1067mm está apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Perdas por interceptação observadas e estimadas pelos modelos de Gash e Rutter

Perdas (mm)			Perdas/chuvas (%)		
Rutter	Gash	Ob.	Rutter	Gash	Obs.
205,19	215,55	245,33	19	20	23

Pode-se observar, com a aplicação dos dois modelos, que os eventos de maior intensidade não foram bem representados devido a uma limitação dos modelos de representarem fenômenos típicos de florestas tropicais.

O efeito acumulado no período de medição é um valor subestimado de perda entre 3 e 4% para os modelos de Gash e Rutter, respectivamente. Constata-se que entre 10 e 15mm os modelos superestimam as perdas por interceptação, mas isso ocorre em pequenas magnitudes e ainda que, a partir de

25mm, mesmo que não se possa falar de uma tendência, alguns valores são subestimados pelos modelos em grandes magnitudes.

Em toda a análise apresentada anteriormente assume-se que os parâmetros das folhas são constantes ao longo do tempo. Entretanto, sabe-se que esses parâmetros podem variar com a quantidade e disposição da folhagem e com a inclinação dos troncos e a umidade de sua superfície. De forma geral, pode-se concluir que as aplicações dos dois modelos à área florestada do campus da Pampulha apresentaram resultados bons para uma estimativa das perdas por intercepção. Entretanto, cabe ressaltar que o mesmo não pode ser dito quando eventos de alta intensidade de chuva ocorreram.

Três dos sete parâmetros requeridos no modelo de Gash foram obtidos por otimização e não por dados medidos em campo, como sugere o autor (Gash, 1979).

As estimativas das perdas por intercepção obtidas a partir de aplicações do modelo de Rutter devem ser vistas com limitações, uma vez que os parâmetros usados não foram obtidos a partir de dados medidos em campo. Apesar da possível falta de significado físico desses parâmetros, pode-se dizer que o modelo de Rutter apresentou um desempenho semelhante ao do modelo de Gash, o que pode ser justificado pela robustez do modelo.

Em uma análise de sensibilidade do modelo de Gash aos parâmetros estruturais das folhas, Gash e Morton (1978) concluíram que as perdas por intercepção são pouco sensíveis aos parâmetros p e S . Entretanto, Klaassen et al. (1998) mostraram, por meio de uma observação direta da capacidade de armazenamento e da evaporação, que, se tratando de uma floresta densa, a capacidade de armazenamento (S) é o processo dominante na intercepção da floresta e a evaporação durante chuvas contínuas é de menor importância.

Uma variação positiva de 50% no valor de S na área florestada do campus da Pampulha, mantendo as condições meteorológicas e a chuva inalterada, produz um aumento de 18% no cálculo das perdas estimadas pelo modelo de Gash, e uma variação positiva de 33% em p produz uma diferença de 2,6% nas perdas estimadas. Esses resultados indicam que o modelo de Gash, para as condições do campus da Pampulha, é mais sensível ao valor de S do que ao valor de p .

Uma análise de sensibilidade feita no modelo de Rutter por Jetten (1996) mostrou que um incremento na capacidade de armazenamento das folhas, ou na evaporação potencial, de 150% em relação ao seus valores originais fornece uma perda

por intercepção acumulada aceitável, mas a perda passa a ser superestimada nos dias com baixa quantidade de chuva.

O conjunto de dados medidos e as saídas dos modelos têm erros associados. Os erros nos modelos são resultados de erros inerentes à descrição física desses modelos, junto com incertezas nas medidas dos parâmetros e das variáveis, principalmente a capacidade de armazenamento, que é responsável por até 84% dos erros no cálculo do modelo (Lloyd et al., 1988). Portanto, as medidas e estimativas das perdas por intercepção estão inevitavelmente sujeitas a grandes erros relativos. Isto é reforçado pelo problema de amostragem da precipitação interna em florestas mistas, a qual é inevitavelmente mais variável do que essa medida em florestas temperadas.

CONCLUSÕES

No presente estudo, a etapa da intercepção vegetal foi avaliada por meio de medidas da precipitação interna e do escoamento pelo tronco e da modelagem matemática do fenômeno. Os resultados de medições da precipitação interna e do escoamento pelo tronco indicam que a floresta tropical, por sua heterogeneidade em termos de abundância de espécies, estrutura e fisiologia, é um dos tipos mais difíceis de floresta na qual se fazem medidas das perdas por intercepção, particularmente quando estas perdas são uma pequena fração da chuva. A distribuição de frequência da fração de precipitação interna do campus da Pampulha é muito mais ampla do que a distribuição encontrada nas florestas temperadas. Isso geralmente significa maiores erros nas medidas das perdas por intercepção (Lloyd e Marques, 1988). A precipitação interna para a área de estudo foi estimado em 0,67 da chuva total, com um erro de $\pm 8\%$.

Em muitos estudos de perdas por intercepção pouca atenção é dada ao escoamento pelo tronco, por este ser considerado pequeno em termos de volume. Porém, o que se observou com as medições desta variável na área de estudo é que ela representa, em média, 10% do valor da chuva, e que sua variabilidade é grande, com erros de $\pm 19\%$. Portanto, uma escolha de árvores representativas, em conjunto com um estudo da área de influência do escoamento pelo tronco, é essencial, principalmente quando modelos de intercepção são acoplados a outros modelos físicos que descrevem, por exemplo, o balanço de água no solo ou o processo de fluxo no meio não saturado.

No Brasil, poucos são os trabalhos que tratam das perdas por interceptação. Os existentes estão na floresta Amazônica ou em outros estados com predominância de mata Atlântica, onde o clima e as características estruturais da vegetação se distinguem da floresta estacional semidecidual e do cerrado, que são tipos de formações encontradas na região sudeste do país. Desta forma, as medições realizadas no campus da Pampulha em um período de dezoito meses têm um caráter inovador neste tipo de vegetação. Com os dados de chuva, precipitação interna e escoamento pelo tronco coletados na área florestada em estudo encontrou-se um valor estimado de perdas por interceptação de $23 \pm 8\%$ da chuva. Este valor representa o dobro do valor encontrado por Castro et al. (1983) em outra floresta da região sudeste, na cidade de Viçosa, que fica a 246km de Belo Horizonte, e o valor máximo, 31%, situa-se no limite superior dos valores encontrados em florestas brasileiras.

De forma geral, pode-se concluir que a aplicação dos dois modelos na área de estudo mostrou-se promissora, uma vez que os resultados de perdas por interceptação estimados ao final de dezoito meses foram somente 3 e 4% menores – modelos de Gash e Rutter, respectivamente - do que as perdas observadas no mesmo período. A interceptação medida acumulada nos dezoito meses de coleta foi de 23% da chuva enquanto que o modelo de Gash estimou 20% da chuva e o de Rutter 19%. A discrepância entre os valores medidos e estimados foi maior para períodos com chuvas diárias superiores a 25mm. Isso pode ser explicado, em parte, pela dificuldade de se representar eventos raros; porém, alguns desses valores podem ser relativos ao acúmulo de eventos chuvosos no dia, evidenciando a necessidade de se fazer um monitoramento por eventos.

Observações de que os modelos de Rutter e Gash não respondem bem em eventos extremos, como acontece principalmente no ano de 1998, foram feitas mediante a aplicação destes para todo o período. Algumas hipóteses podem justificar os motivos pelos quais os modelos não representam adequadamente esses tipos de eventos:

- as medições efetuadas na área florestada não forneceram todos os parâmetros necessários à execução dos modelos, sendo alguns obtidos por processo de otimização;
- os modelos foram desenvolvidos e testados para regiões de clima temperado e, apesar de alguns testes em florestas tropicais indi-

carem os modelos como adequados, não se sabe se a descrição do fenômeno considera bem os eventos extremos presentes em regiões de clima tropical;

- não foram utilizados eventos extremos na fase de calibração dos modelos; portanto, os parâmetros ótimos não consideram estes eventos.

Nas últimas três décadas, tem-se aumentado a atenção dada à etapa da interceptação vegetal por causa da magnitude da influência nos processos hidrológicos em florestas. Essa atenção tem sido justificada quando valores de interceptação medidos, tal como nesse trabalho, reforçam a idéia de que esta etapa não pode ser ignorada em estudos de avaliação dos recursos hídricos. Os resultados preliminares apresentados mostram que a modelagem do fenômeno interceptação foi realizada com sucesso e os modelos fisicamente fundamentados de Gash e Rutter podem ser acoplados a outros modelos, como por exemplo, modelos de balanço hídrico ou de dinâmica da água no solo, fornecendo valores mais realistas da disponibilidade de água, seja no solo, na atmosfera ou na superfície. Entretanto, limitações da aplicabilidade dos modelos foram identificadas quando eventos extremos se encontram presentes, sendo necessária uma investigação mais detalhada do processo nessas situações.

REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F. C. S. CICCIO, V. e ROCHA, P. A. B. *Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo*. Rev. Árvore. [online]. Mar./Apr. 2003, vol.27, no.2, p.257-262. Available from World Wide Web: <<http://www.scielo.br/scielo.php?>
- CALDER, A. *Evaporation in the uplands*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 148pp. 1990.
- CASTRO, P.S., VALENTE, O.F., COELHO, D.T. e RAMALHO, R.S. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa, MG. *Revista Árvore*. 7(1), 76-89. 1983
- CROCKFORD, R. H. e RICHARDSON, D. P. *Partitioning of rainfall in a eucalypt forest and pine plantation in southeastern Australia: Throughfall measurement in a eucalypt forest: effect of method and species composition*. Hydrological Processes, 4, 131-144. 1990.
- DUROCHER, M. G. *Monitoring spatial variability of forest interception*. Hydrological Processes, 4, 215-229. 1990.

- FRANÇA, G. S. e BRAGA, P. I. S. *Composição florística do estrato arbóreo dos remanescentes de floresta mesófila da estação ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais*. Relatório final de bolsa de iniciação científica – PRPq/ CNPq. 1994.
- FERREIRA, S. J. F., LUIZAO, F. J. e DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amaz.* [online]. 2005, vol.35, no.1 [cited 05 January 2006], p.55-62. Available from World Wide Web: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>
- GASH, J. H. C. e STEWART, J. B. *The evaporation from Thetford Forest during 1975*. *J. Hydrol.*, 35, 385-396. 1977.
- GASH, J.H.C. e MORTON, A.J. *An application of the Rutter model to the estimation of the interception loss from Thetford forest*. *J. Hydrol.*, 38, 49-58. 1978.
- GASH, J.H.C. *An analytical model of rainfall interception by forests*. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, 105, 43-55. 1979.
- GASH, J.H.C., WRIGHT, I.R. e LLOYD, C. R. *Comparative estimates of interception loss from three coniferous forests in Great Britain*. *J. Hydrol.*, 48, 89-105. 1980.
- HELVEY, J. D. e PATRIC, J.H. *Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States*. *Water Resour. Res.*, 2(1), 193-206. 1965.
- JACKSON, I. J. *Problems of throughfall and interception assessment under tropical forest*. *J. Hydrol.*, 12, 234-254. 1971.
- JETTEN, V. G. *Interception of tropical rain forest: performance of a canopy water balance model*. *Hydrological Processes*, 10, 671-685. 1996
- LEOPOLDO, R. P., FRANKEN, W. e SALATI, E. *Balanço hídrico de pequena bacia hidrográfica em floresta Amazônica de terra firme*. *Acta Amazonica*. 12(2), 333-337. 1982.
- LLOYD, C. R. e MARQUES, A de O. *Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest*. *Agricultural and Forest Meteorology.*, 42, 63 - 73. 1988.
- LLOYD, C. R., SHUTTLEWORTH, W.J. e MARQUES, A. O. *The measurement and modelling of rainfall interception by amazonian rain forest*. *J. Hydrol.*, 43, 277-294. 1988.
- NETTO, A. C., SANCHE, M., PEIXOTO, M.N. *Precipitação e Intercepção Florestal em ambiente tropical montanhoso, Rio de Janeiro*. RBE, VOL4, N2, 1986
- OLIVEIRA, J. C. e DIAS, H. C. T. *Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica*. *Rev. Árvore*. [online]. Jan./Feb. 2005, vol.29, no.1 [cited 05 January 2006], p.9-15. Available from World Wide Web: <<http://www.scielo.br/scielo.php>>
- PALMIER, L. R. *Hydrological aspects of landfill waste management - a case study of the drigg low - level radioactive waste repository*. Thesis Imperial College of Science, England. 428pp. 1995.
- RUTTER, A.J., KERSHAW, K.A., ROBINS, P.C. e MORTON, A.J. *A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine*. *Agriculture Meteorology*, 9, 367-384. 1971.
- SAN JOSE, J.J. e MONTES, R. *Rainfall partitioning by a semideciduous forest grove in the svannas of the Orinoco Llanos, Venezuela*. *J. Hydrol.*, 132, 249-262. 1992.
- SCATENA, F.N. *Watershed scale rainfall interception on two forested watersheds in the Luquillo mountains of Puerto Rico*. *J. Hydrol.*, 113, 89-102. 1989.
- SHUTTLEWORTH, W.J. *Evaporation*. In: MAIDMENT, David R. (ed.) *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, Inc. pp 4.1-4.53. 1992.

Measuring And Modeling Rainfall Interception In A Forested Area In The Metropolitan Region Of Belo Horizonte, Minas Gerais

ABSTRACT

A study of interception loss was carried out in a forested area inside the campus of the Federal University of Minas Gerais (UFMG) from January 1997 to June 1998. This area is located in the Córrego Engenho Nogueira watershed, where the UFMG and the Center for Nuclear Technology Development (CDTN) are running a few catchment experiments.

Throughfall was measured with ten raingauges placed randomly on a 10x10m grid plot and stemflow was collected from six trees located in this plot. The cumulative rainfall used in this study was 1087mm; the cumulative throughfall/rainfall and stemflow/rainfall ratios were, respectively, 0,67 and 0,10. Therefore, the estimated interception loss was 23 ± 8% of the total measured rainfall.

Two physically-based models for interception loss – Gash and Rutter models – were described and applied in this study. Using both models provided realistic simulation of interception loss in a tropical forest area as they normally do for temperate forests. However, the cumulative interception loss/rainfall ratios have been underestimated; in fact, as compared with the measured 23% loss, the calculated values have been 20% and 19%, respectively, for the Gash and Rutter models. The main reason is the great differences in the measured and calculated interception loss for days with rainfall greater than 25mm.

Key-words: Interception; modeling; experimental basin; forested area