DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO INDIRETA DA INTERCEPTAÇÃO

Sérgio Michelotto Braga[1], Irani dos Santos[2], Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes[3], Masato Kobiyama[4]

Resumo--- A calibração de modelos hidrológicos depende da correta estimativa da interceptação da chuva pela cobertura vegetal. A medição efetiva do valor interceptado depende, entretanto, de equipamentos capazes de coletar e medir de maneira adequada a quantidade de chuva que efetivamente alcança o solo, tanto através da copas das árvores quanto pelo escorrimento pelo troncos. O presente artigo apresenta resultados preliminares da medição da interceptação em área de reflorestamento com *Pinus Teada*, levada a cabo com o auxílio de equipamentos desenvolvidos em parceria entre o LHG – Laboratório de Hidrogeomorfologia e o LME – Laboratório de Monitoramento Eletrônico, ambos da Universidade Federal do Paraná.

Abstract---The proper assessment of intercepted rain by the forest canopy is fundamental for the correct comprehension of the rainfall/runoff cycle. Adopted values for modeling purposes vary from 2 to 5 mm for each event. Indirect measurement is made by comparison between the values for the open field rain and the rain that is measured under the forest canopy plus the amount of water that flows down on the tree trunks. This study presents preliminary results for the measurement of the intercepted rain for a Pinus Teada reforested, using an equipment developed at the LHG – The Hydrogeomorphology Laboratory and the LME – The Electronic Monitoring Laboratory, both of Parana Estate Federal University.

Palavras-Chave – Interceptação, Precipitação, Pluviometria.

[1] Professor Assistente, Departamento de Hidráulica e Saneamento. UFPR, Centro Politécnico Caixa Postal 19011, CEP: 81531-990, Curitiba-PR. 55-41-3361-3605. sergio.dhs@ufpr.br
[2] Bolsista do CNPq, Professor Adjunto, Departamento de Geografia. UFPR, Centro Politécnico Caixa Postal 19011, CEP: 81531-990, Curitiba-PR. 55-41-3361-3304. irani@ufpr.br
[3] Bolsista do CNPq, Professor Adjunto. Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR, Centro Politécnico Caixa Postal 19011, CEP: 81531-990, Curitiba-PR. 55-41-3613142. cris.dhs@ufpr.br
[4] Bolsista do CNPq, Professor associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Caixa postal 476, Florianópolis-SC, CEP: 88.040-900, e-mail: kobiyama@ens.ufsc.br.

1 – Introdução

O aprimoramento de modelos hidrológicos depende significativamente de um melhor conhecimento dos processos físicos que envolvem do destino da chuva precipitada na área das bacias hidrográficas.

Em florestas, parte da precipitação será retida na folhagem e nos troncos das árvores, não atingindo o solo, deixando assim de contribuir para as vazões dos rios. Tal processo é conhecido como interceptação.

A interceptação é um mecanismo importante para o balanço hídrico, posto que pode reduzir significativamente a quantidade de água disponível na bacia hidrográfica, em especial quando ocorrem precipitações de pequena intensidade e curta duração, pois os volumes precipitados tendem a ficar retidos na copa das árvores. Por esse motivo, a calibração de modelos hidrológicos impõe a correta estimativa dos coeficientes de interceptação (David & Gash, 2009).

Entretanto, a medida da interceptação apresenta problemas logísticos, posto ser necessário medir a precipitação total (P), a precipitação que ocorre por sob a cobertura da floresta – denominada precipitação interna (Pi) e a os volumes que escorrem pelos troncos das árvores (Pt).

Estudos sugerem que a interceptação em áreas reflorestadas com Pinus pode atingir 15% em eventos de chuva superiores a 20 mm (Llorens et al, 1997). Para viabilizar a estimativa adequada deste parâmetro para o caso de áreas de reflorestamento com *Pinus Taeda*, bem como acompanhar a interceptação em eventos de diferentes intensidades, foi desenvolvido um sistema de medição automática dos volumes de água não interceptada pelas folhagens, bem como dos volumes de água que escorre pelo tronco das arvores.

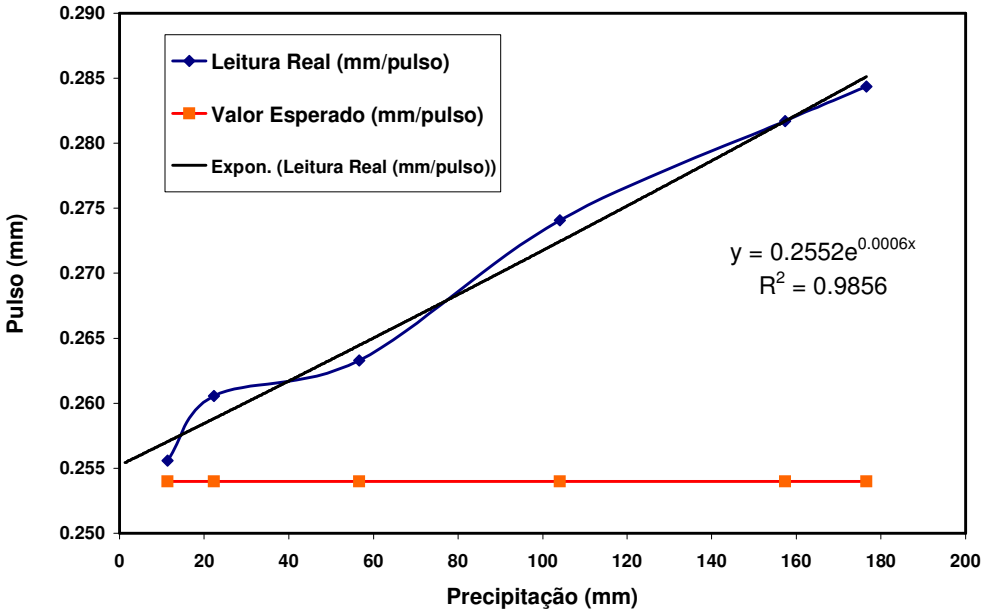
2 – Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi escolhida uma microbacia, com área de 0,12 Km^2 em uma área de reflorestamento localizada no município de Rio Negrinho, no Estado de Santa Catarina (Santos, 2009).

A precipitação (P) foi medida em uma estação pluviométrica próxima, em local sem vegetação e situado a cerca de 1 km de distância. O pluviômetro utilizado é do tipo basculante (*tipping bucket*) com registro automático tendo sido calibrado previamente em laboratório, o que permitiu a correção de erros associados à intensidade da precipitação (BRAGA et al, 2007).

O resultado da calibração é mostrado na Figura 1. Observa-se que o equipamento apresenta tendência a sub-medição com o aumento da intensidade da precipitação. Por exemplo, para a maior precipitação ensaiada, de 180 mm/h, o valor real da basculada foi de 0,285 mm, enquanto a resolução nominal do equipamento é de 0,254 mm.

Figura 1. Resultado da calibração do pluviômetro de báscula

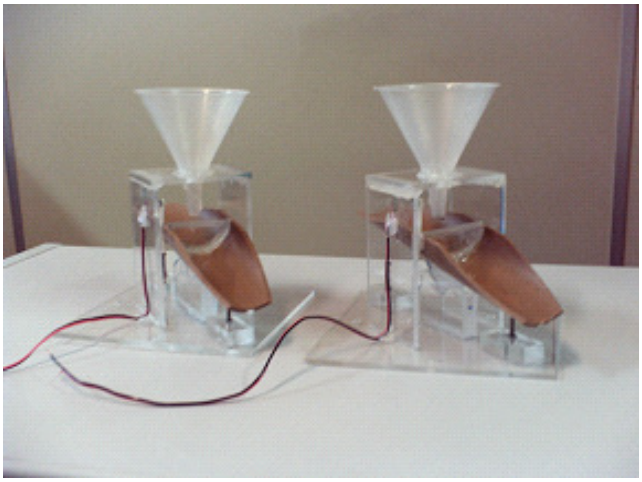


Para minimizar este erro sistemático de medição, os dados foram corrigidos proporcionalmente à intensidade média da precipitação no intervalo de 10 minutos, pela equação:

$$b_c = 0{,}2552 \cdot e^{0{,}0006 \cdot i}$$

Para o registro da precipitação de grandes volumes, foi desenvolvido um pluviômetro de báscula, modelo LHG-SB001-60cc, confeccionado em acrílico e PVC. A báscula foi construída para um volume de 60 ml em cada lado, calibrável por parafusos para ajuste fino fixados na base do conjunto (Figura 2). Para minimizar o atrito o conjunto basculante foi projetado sem eixo, sendo suportado por uma peça triangular em formato Y, encaixada em uma base com abertura em formato V, ambos confeccionados em acrílico.

Figura 2 – Pluviômetros de báscula LHG-SB001-60cc

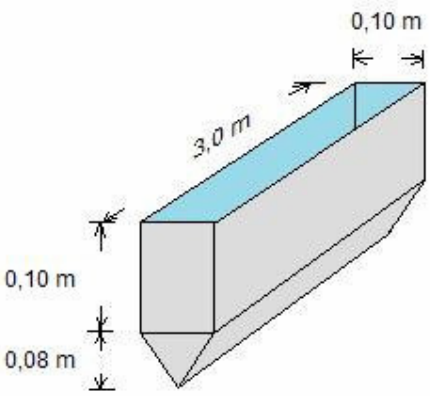


Para permitir o nivelamento do conjunto, todo o sistema foi montado sobre uma base com três parafusos calantes (Figura 3).

Figura 3: Pluviômetro LHG-SB001-60cc em sua base de montagem

Um sistema composto por duas calhas metálicas, com comprimento de 3 m e largura de 10 cm, montadas de forma a compor um ângulo de 90º, foi montado por sob as árvores, de forma a coletar e conduzir os volumes precipitados ao pluviômetro LHG-SB001 (Figura 4).

Figura 4: Sistema de calhas para coleta de volumes precipitados



Em campo, o sistema de báscula foi montado sobre uma plataforma metálica fixada ao solo e protegida da chuva na parte superior.

O sistema se mostrou bastante robusto, sendo que em 14 meses de operação em campo com manutenção mensal, tendo sido observado apenas uma vez o entupimento do funil de uma das unidades.

Para a coleta do escoamento pelo tronco (Pt) foi fixada meia seção de mangueira plástica de ¾ de polegada, em ângulo de 45º, e completando uma volta e meia ao redor do tronco. A fixação ao tronco e vedação foi obtida com silicone, a uma altura tal que a água coletada escoasse por gravidade até um pluviômetro basculante, para medição automática. O sistema foi instalado em quatro árvores próximas entre si, e a medição realizada em conjunto em um único pluviômetro (Figura 5).

Figura 5: Sistema de coleta dos volumes escorridos pelos troncos

Os dados produzidos foram registrados em dataloggers das marcas Global Water e Waterlog, montados nas estações (Figura 6).

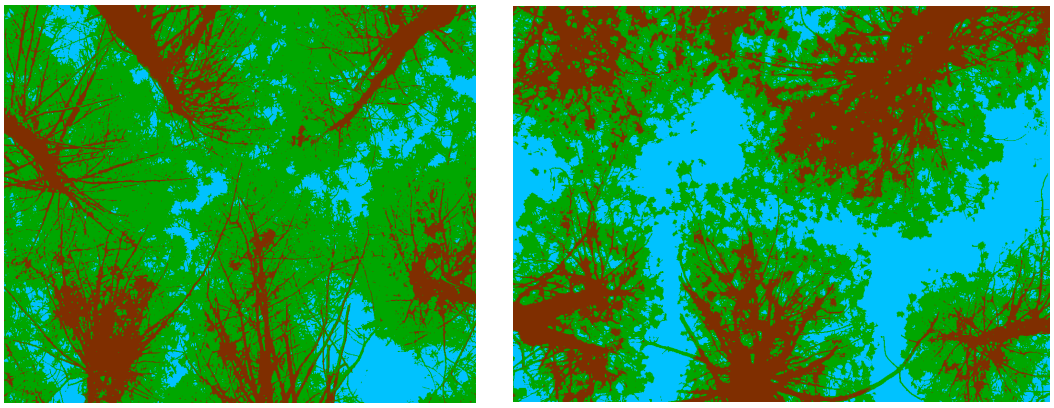
Figura 6: Estação de armazenamento de dados

A soma da precipitação interna (Pi) com o escoamento de tronco (Pt) resulta na precipitação efetiva (Pe), ou seja, é a parcela da precipitação total (P) que chega a superfície do solo da bacia e efetivamente participa dos processos de escoamento. A interceptação da precipitação pela vegetação (Iv) é dada pela diferença entre P e Pe.

Para este estudo foram instalados medidores de precipitação interna em dois pontos, denominados P5 e P8, ambos situados dentro da área de reflorestamento.

O fator de cobertura "c" foi determinado a partir de registros fotográficos dos pontos de medição de precipitação interna, com a câmera apontando para o zênite (Figura 7). As informações obtidas foram então classificadas em área de folhas, galhos e firmamento por meio de geoprocessamento e o fator de cobertura determinado. No ponto de medição P5 o valor de c foi 0,87 e no ponto P8 de 0,73, com média estimada de 0,8.

Figura 7: Fotos das copas acima dos pontos de medição de precipitação interna para estimativa do parâmetro de cobertura



(a) Ponto de medição P5 **(b) Ponto de medição P8**

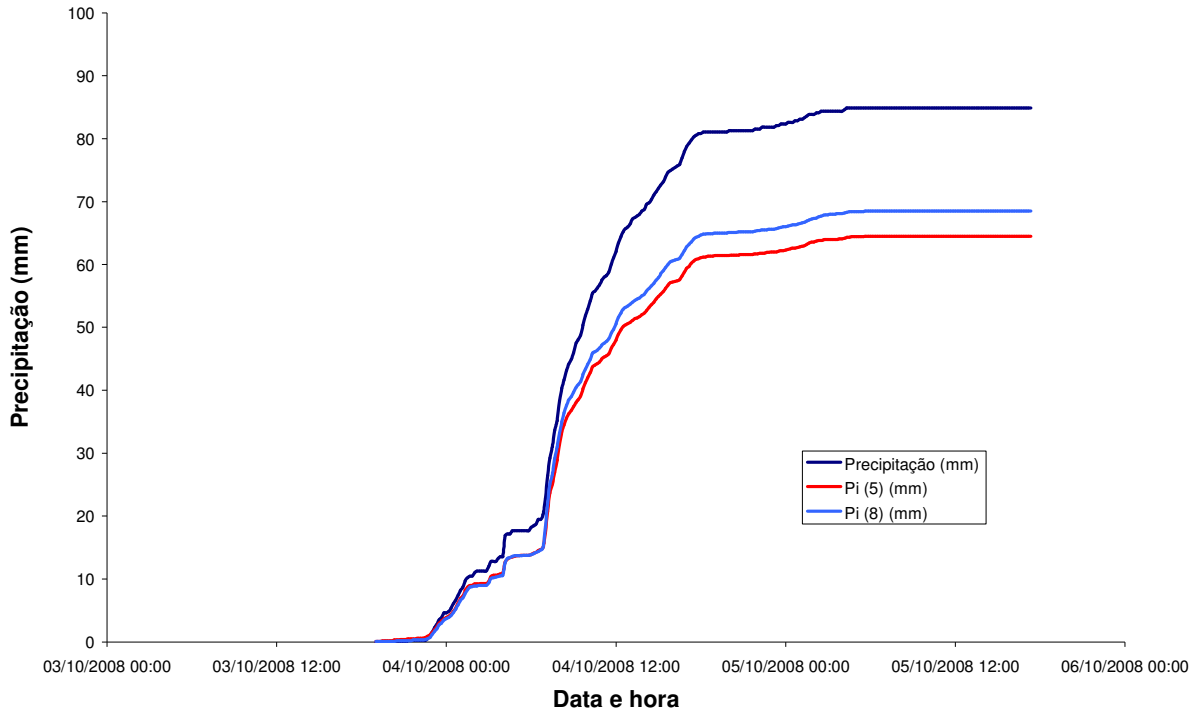
A precipitação foi medida em um ponto localizado a cerca de 1 km da bacia, enquanto o escoamento de tronco foi medido no ponto P8.

Para a determinação da interceptação foram utilizadas as séries de precipitação, precipitação interna e escoamento de tronco medidas com intervalo de tempo de 10 minutos, correspondente ao período entre 20/08/2008 a 18/11/2008. Os dados de precipitação interna foram reunidos em uma série única contendo os valores médios dos pontos P5 e P8. As séries foram divididas em 31 eventos, sendo o início de cada evento definido pela ocorrência de precipitação e o final dado por um período de no mínimo 6 horas sem registro de precipitação. Foi assumido que este período de 6 horas fosse suficiente para evaporar toda a água armazenada na vegetação.

3 – Resultados

O equipamento revelou-se capaz de registrar efetivamente a precipitação interna, o que ser observado na Figura 8, ´que apresenta um evento de precipitação forte ocorrido entre os dias 4 e 5 de outubro de 2008.

Figura 8 – Evento de precipitação registrado nos pontos P5 e P8



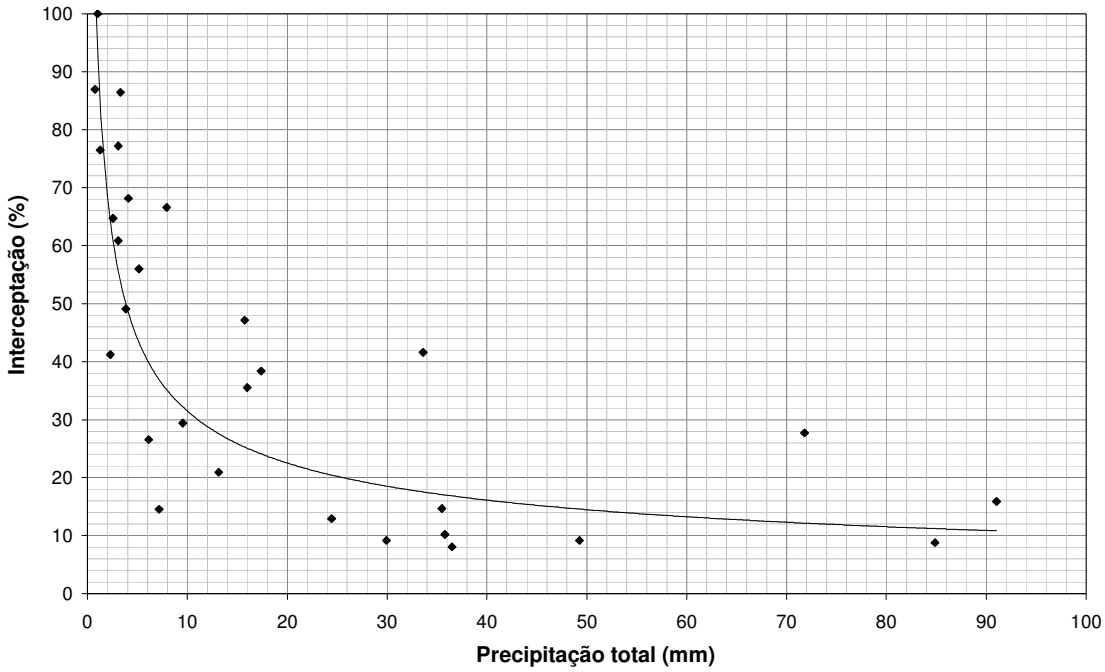
Como pode ser observado, existe semelhança entre as curvas registradas pelos medidores LHG-SB001-60cc (Pi) instalados nos pontos P5 e P8 para com a curva da precipitação (P) ocorrida.

Também pode ser deduzir que a Precipitação Interna (Pi) é menor para o ponto P5, quando comparada ao P8. Tal resultado era esperado pois a cobertura vegetal no ponto P5 é maior.

Ao longo do estudo, o maior evento individual apresentou valores de precipitação total de 91,0 mm, 62,2 mm de precipitação interna e escoamento de tronco de 14,4 mm. A máxima intensidade em 10 minutos de precipitação total, precipitação interna e escoamento de tronco registrados foram 19,9 mm, 14,5 mm e 0,3 mm, respectivamente.

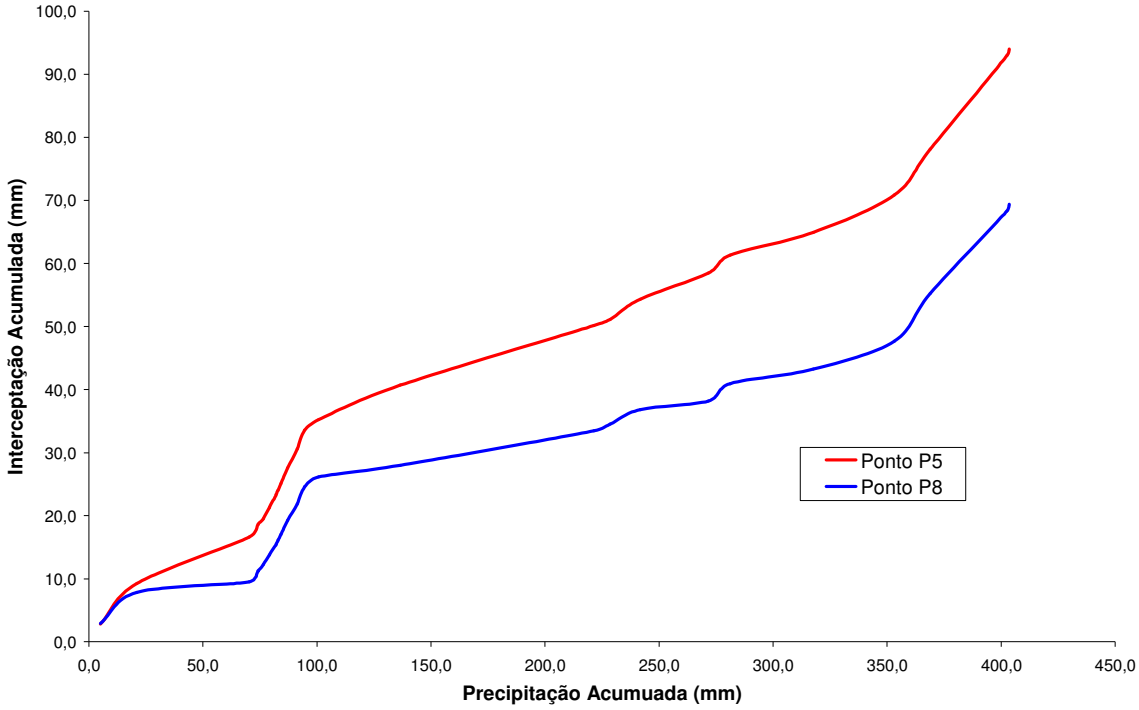
A Figura 9 apresenta a relação observada entre a intensidade da precipitação por evento e o percentual efetivamente interceptado. Observa-se que o segundo é inversamente proporcional à primeira, o que confirma o que era esperado para a interceptação.

Figura 9 - Relação entre interceptação relativa medida e precipitação total



A evolução da interceptação registrada ao longo do período, para os dois pontos de medição é apresentada na Figura 10

Figura 10 – Evolução da interceptação ao longo do período



Pode ser observado que existem momentos em que as curvas possuem a mesma inclinação, enquanto (trechos mais acentuados). Tais trechos correspondem a períodos de precipitação intensa. Por outro lado, em momentos em que a curva é mais suave,a tendência é que exista maior diferença entre as curvas do ponto P5 e P8. Tal diferença era esperada, pois corresponde a diferença da cobertura vegetal entre os dois pontos.

A Tabela 1 apresenta os totais acumulados da precipitação, da precipitação interna média, do escoamento de tronco e da perda por interceptação. Observa-se que o valor interceptado é elevado, representado cerca de 20% do total precipitado.

Tabela.1 - Totais de precipitação, precipitação interna, escoamento de tronco e perda por interceptação

Grandeza	Total (mm)	% *P*
Precipitação	403,5	100,0
Precipitação interna	297,2	73,65
Escoamento de tronco	24,7	6,11
Perda por interceptação	94	20,24

Os valores apresentados na Tabela 1 demonstram, mais uma vez, a importância de se medir ou estimar corretamente a parcela interceptada da precipitação, pois a magnitude de seus efeitos reduz significativamente a quantidade de água que efetivamente chega ao solo, tornando-se disponível para os outros processos do ciclo hidrológico

4 - Conclusão

A medição automática da interceptação, com baixo custo de implementação, provou ser possível e viável. Os medidores de precipitação interna, projetados e construídos especialmente para este fim, demonstraram ser robustos e eficientes, não tendo apresentado problemas significativos durante o período dos testes.

A utilização da técnica de medição descrita neste estudo produziu valores coerentes com a literatura, confirmando mais uma vez a importância da medição da interceptação para um melhor ajuste dos modelos hidrológicos.

5 - Agradecimentos:

Agradecemos ao CNPq, pelo suporte financeiro efetivado através de bolsas de estudo e taxas de bancada.

Referências:

Braga, S. M.e Fernandes; C. V. S., (2007) *Performance de Sensores de Precipitação do Tipo "Tipping Bucket" (Báscula) – Um Alerta para a Ocorrência de Erros*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol 12, 1, 197-204, 2007.

David, G. S. & Gash, J., (2009) *Rainfall Interception.* Disponível em http://www.scitopics.com/Rainfall_interception.html, capturado em 15/05/2009.

Llorens, P., Poch, R., Latron, J. & Gallart, F. (1997*). Rainfall interception by a Pinus sylvestris forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area I. Monitoring design and results down to the event scale.* Journal of Hydrology Vol 199, 3-4, p. 331-345, 1997.

SANTOS, I. Dos (2009) *Monitoramento e Modelagem de Processos Hidrogeomorlógicos: Mecanismos de Geração de Escoamento e Conectividade Hidrológica.* Tese (doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 146 p