

# Processos Hidrológicos em Cabeceira de Drenagem com Cobertura de Eucaliptos na Fronteira de Expansão da Silvicultura no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul

Sato, A.M.\*; Mellos, A.R.; Câmara, N.D.; Avelar, A.S.; Coelho Netto, A.L.

Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO), Departamento de Geografia, Bloco H, Sala H1-015 - Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, CEP 21941-590, Rio de Janeiro/RJ.

\* [sato@ufrj.br](mailto:sato@ufrj.br)

**Abstract:** *Eucalyptus* plantations are replacing old pastures in middle Paraíba do Sul river valley and many questions are made about the probably hydrological impacts of this activity. The objective of this study is to quantify the spatial variability of throughfall and the overland flow in a 2,5 years old *Eucalyptus grandis x urophylla* plantation in Resende/RJ. Throughfall was measured using 12 pluviometers under canopy in four different positions (nearby trunks-divide, nearby trunks-side slope; between trunks-divide; between trunks-side slope), while overland flow was quantified using two Gerlach plots (one positioned on a 8° slope at divide and the other on a 24° side slope). Results show throughfall >100% of precipitation nearby trunks due to convergent architecture of branches; and a negligible overland flow on divide (Q/P = 0,1%) and side slope (0,2%). We conclude that concentrated injection of throughfall in soil and litter storage explain low overland flow in the study.

**Key-words:** *Eucalyptus*, throughfall, overland flow, water basin.

**Resumo:** Antigas áreas de pastagens têm sido ocupadas por plantios de eucalipto no médio vale do rio Paraíba do Sul e muitos questionamentos são feitos a respeito das alterações hidrológicas geradas por esses plantios. Os objetivos deste trabalho são quantificar a variabilidade espacial do atravessamento, assim como quantificar o escoamento superficial num plantio de *Eucalyptus grandis x urophylla* de 2,5 anos no município de Resende/RJ. O atravessamento foi avaliado com o uso de 12 pluviômetros abaixo do dossel do eucalipto cobrindo quatro diferentes posições (junto ao tronco-divisor; junto ao tronco-encosta lateral; entre os troncos-divisor e entre os troncos-encosta lateral), enquanto o escoamento superficial foi mensurado através de duas parcelas de escoamento Gerlach (uma no divisor a 8° de declividade e outra na encosta lateral a 24°). Os resultados indicam atravessamento médio > 100% da precipitação junto ao tronco devido à arquitetura convergente dos galhos. O escoamento superficial foi desprezível tanto no divisor (Q/P = 0,1%) quanto na encosta lateral (0,2%). Conclui-se que a injeção pontual do fluxo de atravessamento no solo e o estoque de serrapilheira explicam os baixos valores de escoamento superficial observados no plantio estudado.

**Palavras-chaves:** *Eucalyptus*, atravessamento, escoamento superficial, bacia de drenagem.

## 1) Introdução:

Após um longo período de estagnação econômica, o médio vale do rio Paraíba do Sul (MVRPS) vem sendo submetido a um processo acelerado de transformação pela introdução de plantios de eucalipto em antigas áreas de pastagem. No trecho entre as cidades de Queluz/SP e Volta Redonda/RJ a taxa de expansão no período entre 2000 e 2007 foi da ordem de 250 ha.ano<sup>-1</sup>, cobrindo em 2007 uma área total de 1755 ha (VIANNA *et al.*, 2007).

Muitos questionamentos são feitos a respeito das mudanças hidrológicas frente a introdução da silvicultura do eucalipto. Dentre eles podemos citar os estudos sobre o rebaixamento dos níveis freáticos em virtude da inibição da recarga dos aquíferos (ZHOU *et al.*, 2002, LIMA *et al.*, 1990), os que avaliam as alterações na qualidade da água dos canais em virtude da aplicação de fertilizantes (HOPMANS & BREN, 2007), e aqueles que enfocam o entendimento das modificações do volume total e da carga de sedimentos no escoamento superficial das encostas (LIMA, 1990) e das estradas dos plantios (CROKE *et al.*, 1999).

Nesta contextualização, o objetivo geral deste trabalho é avaliar os processos hidrológicos superficiais numa cabeceira de drenagem com cobertura de eucalipto no MVRPS. Mais especificamente, é quantificar a variação espacial da interceptação e do escoamento superficial em diferentes posições no plantio.

## **2) Área de estudo:**

Uma cabeceira de drenagem na bacia do rio Sesmarias foi escolhida para a realização dos estudos, por estar localizada próxima à bacia do rio Bananal, já amplamente estudada no seu funcionamento hidrológico e erosivo pela equipe do GEOHECO-UFRJ. Trata-se de uma bacia de referência nos estudos que abordam as respostas hidrológicas e erosivas no ambiente de gramíneas e pastagem para comparação dos resultados obtidos em ambiente de plantio de eucalipto (fig. 01). Ambas as bacias drenam o reverso da escarpa Atlântica da serra da Bocaina e estão sujeitas a intenso processo erosivo governado, principalmente, pela ação da água subterrânea (COELHO NETTO, 2003), com ocorrência de artesianismo em fraturas e orientação dos principais canais seguindo o *strike* regional SW-NE (AVELAR e COELHO NETTO, 1992).

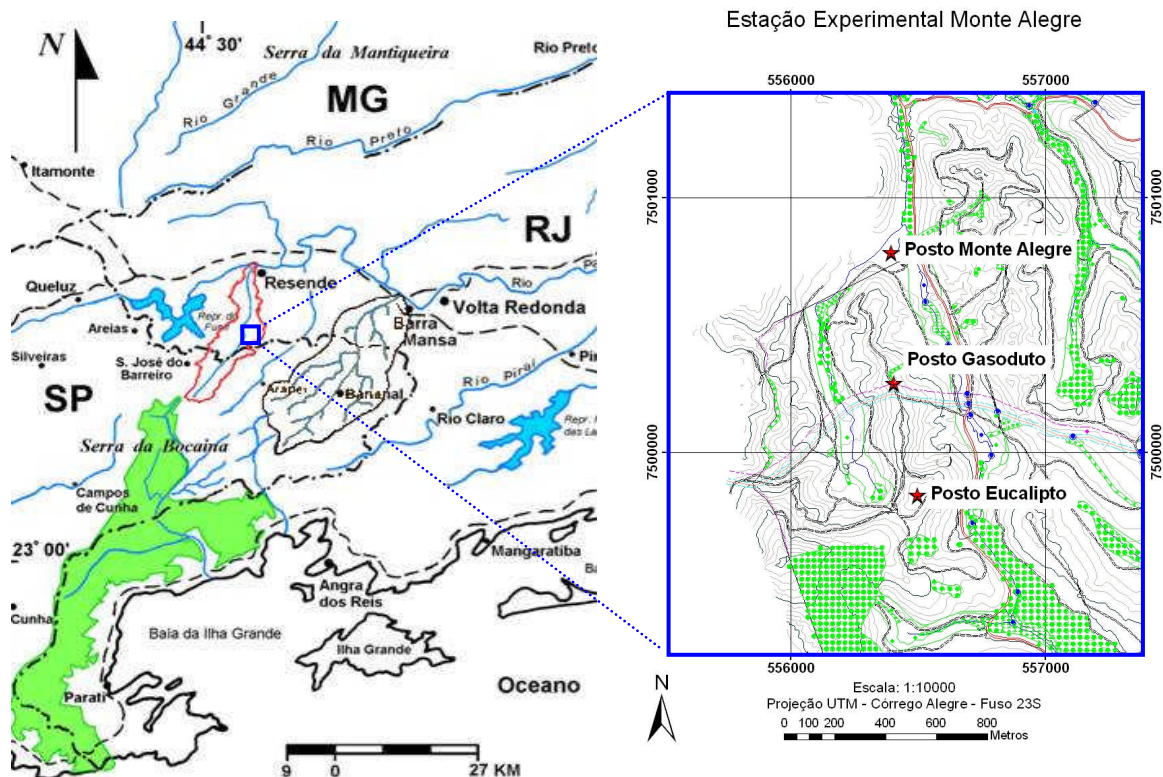


Figura 01 – Localização da bacia do rio Sesiarias (em vermelho) e do rio Bananal (em preto) na esquerda. À direita os postos de monitoramento da Estação Experimental Monte Alegre.

O vale de cabeceira de drenagem estudado (15,9 ha) está inserido na fazenda Monte Alegre, onde foi instalado a Estação Experimental Monte Alegre (EEMA). As árvores plantadas nesta fazenda são clones a partir da hibridização das espécies *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com espaçamento regular entre árvores de 3 x 2 m. Os plantios ocupam as áreas de divisores e encosta lateral, permanecendo as áreas de fundo de vale sem a realização de plantios por serem áreas de preservação permanente (APP), com o desenvolvimento de uma vegetação secundária inicial.

O plantio da EEMA é um plantio de 1ª rotação iniciado em Abril de 2004 sobre antigas pastagens, com uma idade de 2,5 anos no início do estudo (Outubro de 2006). A EEMA possuiu três postos de instrumentação: o posto Monte Alegre e Gasoduto, onde são realizadas medidas de pluviometria em área aberta, e o posto Eucalipto, área de estudo que está localizado na zona de cabeceira de drenagem de uma bacia de primeira ordem que foi selecionada para a realização das medições hidrológicas dentro do plantio de eucalipto, localizada a cerca de 850 m de distância e 60 m acima do posto Monte Alegre.

A pluviosidade média anual da região é de 1700 mm, com maiores índices no compartimento montanhoso (1996 mm) que no de colinas convexo-côncavas (1509 mm) e chuvas concentradas de Outubro – Março (fig. 02). A granulometria no topo do solo foi classificada como franco-argilosa, tanto no divisor de drenagem quanto na encosta lateral.

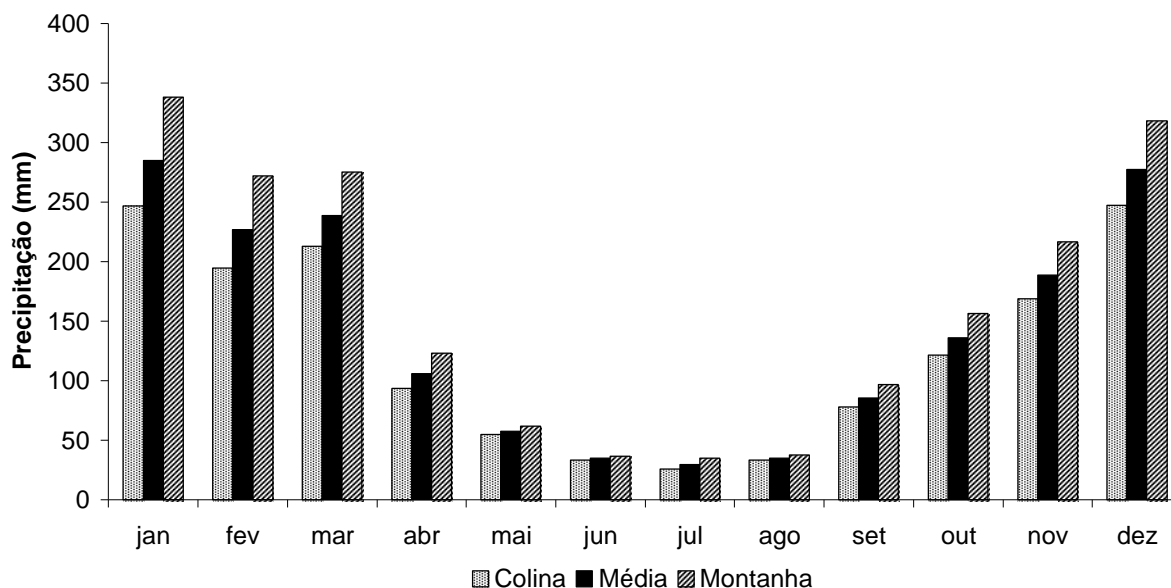


Figura 02 – Pluviosidade mensal média no domínio de colinas e montanhas baseada na análise de 18 estações pluviométricas no MVRPS do ano de 1970-1999 (Sato, 2008).

### 3) Materiais e métodos:

A precipitação diária foi avaliada com a utilização de um pluviômetro automático e três pluviômetros artesanais instalados na área aberta do posto Monte Alegre, com medições de 07/10/2006 a 30/03/2008. A variação de registros entre estes instrumentos foi avaliada e considerada desprezível por Sato (2008).

Para avaliar o fluxo de atravessamento e a interceptação da precipitação pelas copas arbóreas no posto Eucalipto, no dia 07/10/2006 instalou-se doze pluviômetros iguais ao da área aberta abaixo do dossel da plantação. O fluxo de tronco foi negligenciado, uma vez que diversos estudos em plantios de eucalipto demonstram que a sua importância quantitativa é relativamente pequena quando comparado com a pluviosidade total, com números que giram em torno de 1,66% (LACLAU *et al.*, 2003). Os pluviômetros foram colocados no divisor (D), com declividade de 8°, e na encosta lateral (E), com declividade de 24°; e em duas posições no plantio: junto ao tronco (JT) e entre os troncos (ET), formando quatro situações (JT-D, JT-

E, ET-D e ET-E), com três réplicas em cada uma dessas situações (fig. 03). Optou-se pela disposição dos instrumentos JT e ET para verificar se ocorria variação espacial da entrada de água nos plantios. Utilizaram-se os dados de chuva do posto Monte Alegre como precipitação total diária para a determinação do atravessamento e interceptação no posto Eucalipto.



Figura 03 – Disposição dos pluviômetros junto ao tronco (JT) e entre os troncos (ET).

Para avaliar o escoamento superficial e a infiltração no posto Eucalipto foram utilizadas parcelas de escoamento modelo Gerlach modificadas, uma na encosta lateral (24°) e outra no divisor (8°). As parcelas possuem 9 x 10 m (90m<sup>2</sup>), abrangendo 15 árvores cada. As leituras nas caixas coletoras foram realizadas diariamente entre 22/12/2006 e 30/06/2007.

#### 4) Resultados e Discussão:

Os dados de atravessamento indicam uma concentração de fluxos junto aos troncos (JT), onde frequentemente pode ultrapassar 100% da precipitação em área aberta. Na posição JT o atravessamento médio foi de 144%, enquanto ET é indicado um atravessamento de 86%, que corresponde a uma interceptação de 14% (fig. 04). Esses resultados podem ser explicados pela arquitetura convergente de inúmeros galhos em direção ao tronco que propiciam o maior gotejamento junto aos troncos (fig. 05).

Com relação às implicações desse maior fluxo de atravessamento JT, tenderá a ocorrer infiltração dessa água no solo, pois neste ponto ocorre a maior concentração da malha de raízes. Conforme estudo de Silveira *et al.* (2005) em ambiente florestal, as raízes formam caminhos preferenciais para a percolação da água no solo, gerando, inclusive, zonas saturadas

suspensas logo abaixo das mesmas. Estudos em áreas com gramíneas para pastagem também indicam maior condutividade hidráulica na faixa de enraizamento, inclusive com a formação de uma faixa de saturação a 40 cm de profundidade na base das raízes (DEUS, 1991). No caso estudado, não é conhecido se essa água recarregará o aquífero, pois as raízes também são os locais de absorção de água.

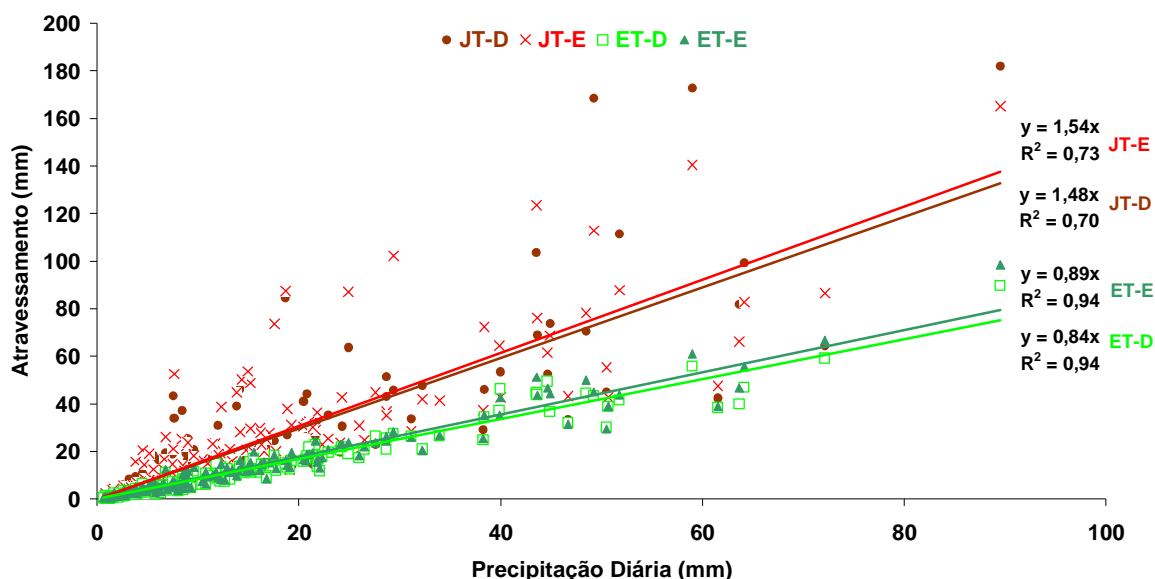


Figura 04 – Correlação entre a precipitação e o atravessamento. D = divisor; E = encosta; JT = junto ao tronco; e ET = entre os troncos.

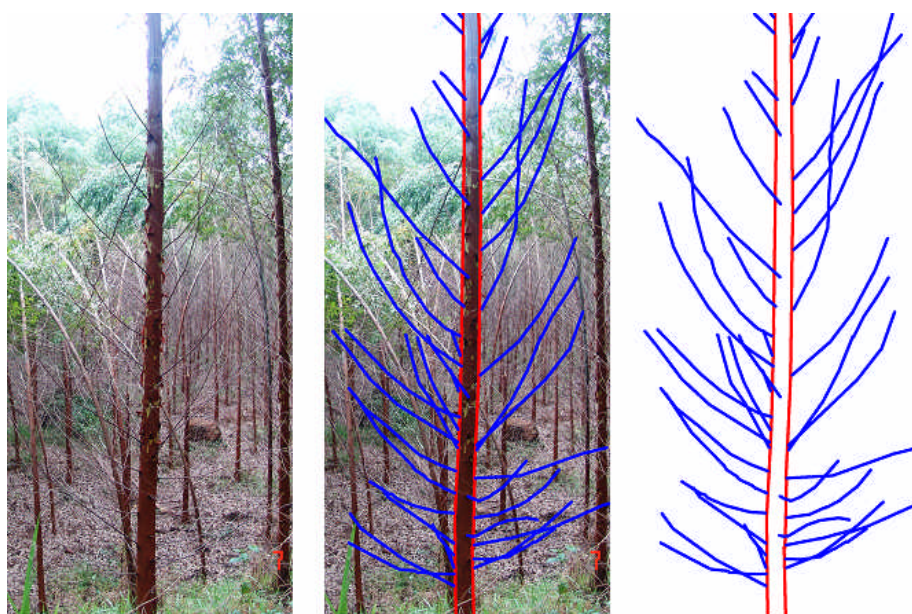


Figura 05 – Arquitetura convergente dos galhos do plantio de eucalipto.

A fim de comprovar essa concentração do fluxo de atravessamento JT, visto que os primeiros resultados apontavam que o fluxo de atravessamento não se distribuía homogeneamente ao redor das árvores, foram instalados no divisor mais 20 pluviômetros espacializados de forma radial em relação a uma árvore central separados entre si por 0,5 m, conforme a figura 06. Através da interpolação (Krigagem) dos dados de atravessamento foram estimadas as isolinhas de atravessamento ao redor de uma árvore central.

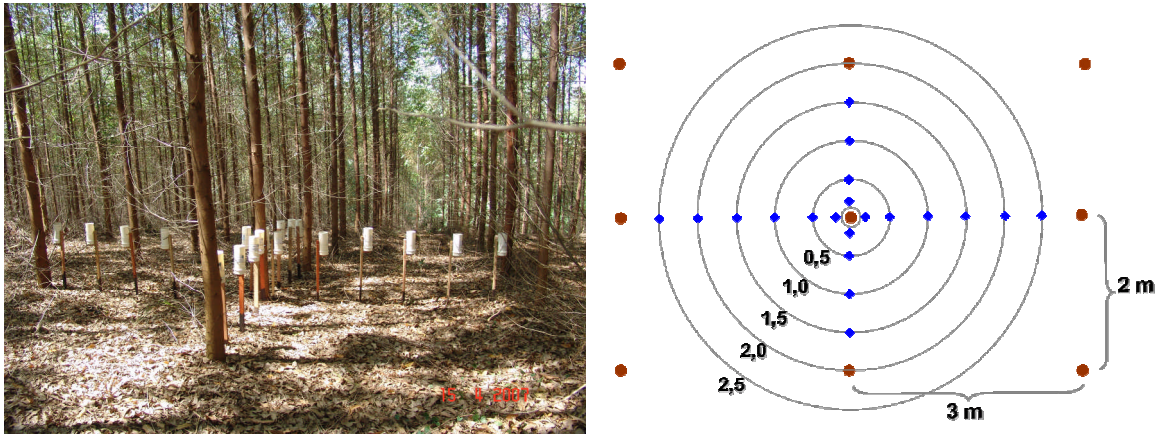


Figura 06 - Distribuição radial dos pluviômetros no divisor. Esquema: Distribuição radial dos pluviômetros. Os círculos marrons representam as árvores. Os losangos azuis são os pluviômetros.

Os resultados (20/03/2007 a 31/08/2007) apontam convergência de fluxos para junto ao tronco da árvore central, com atravessamento > 100% (fig. 07). Já na área de influência da copa ao redor do tronco existe a indicação de que o atravessamento é reduzido para < 100%. Assim, verifica-se a arquitetura convergente dos galhos provoca um “efeito funil”, gerando uma grande injeção pontual de água sobre o solo junto aos troncos (fig. 05).

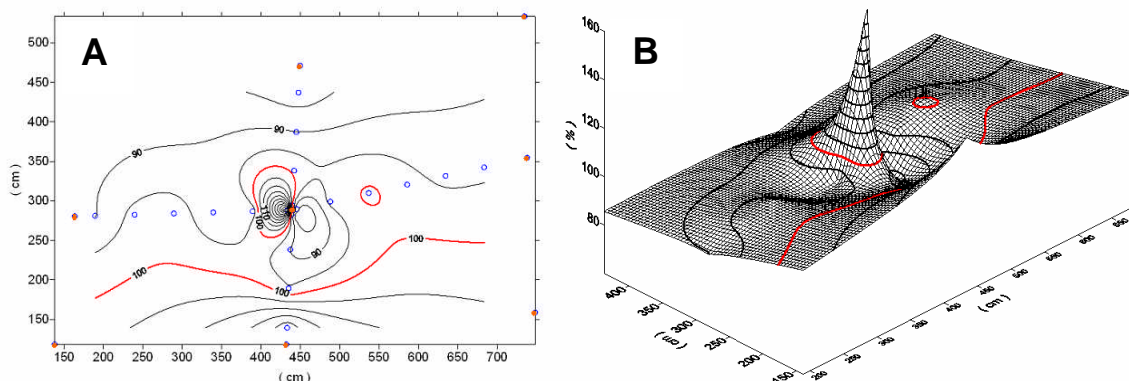


Figura 07 – Variação espacial do atravessamento. Em (A) estão representadas as linhas de equi-atravessamento (%) e em (B) a visualização em 3D. Círculos azuis abertos representam os

pluviômetros e os círculos laranjas fechados representam as árvores. As linhas de equi-atravesamento de 100% estão representadas em vermelho. As medidas nos eixos X e Y de um referencial local.

O escoamento superficial no período analisado foi de 0,1% no divisor (média da relação Q/ P) e 0,2 % na encosta lateral, tendo como valores máximos 1,3% e 3,8%, respectivamente (fig. 08). Resultados de Lima (1990) demonstram que o escoamento superficial tende a diminuir ano a ano com o desenvolvimento da vegetação de eucalipto após o plantio, pois a mesma reduziria o impacto das gotas sobre o solo e dificultaria o escoamento superficial. Em seu estudo, durante o primeiro ano o escoamento superficial médio foi da ordem de 1,71% e 2,41% em dois plantios que receberam duas e uma aragem, respectivamente. Com três anos, com similaridade a este estudo, o escoamento superficial foi de 0,08% e 0,19%, respectivamente.

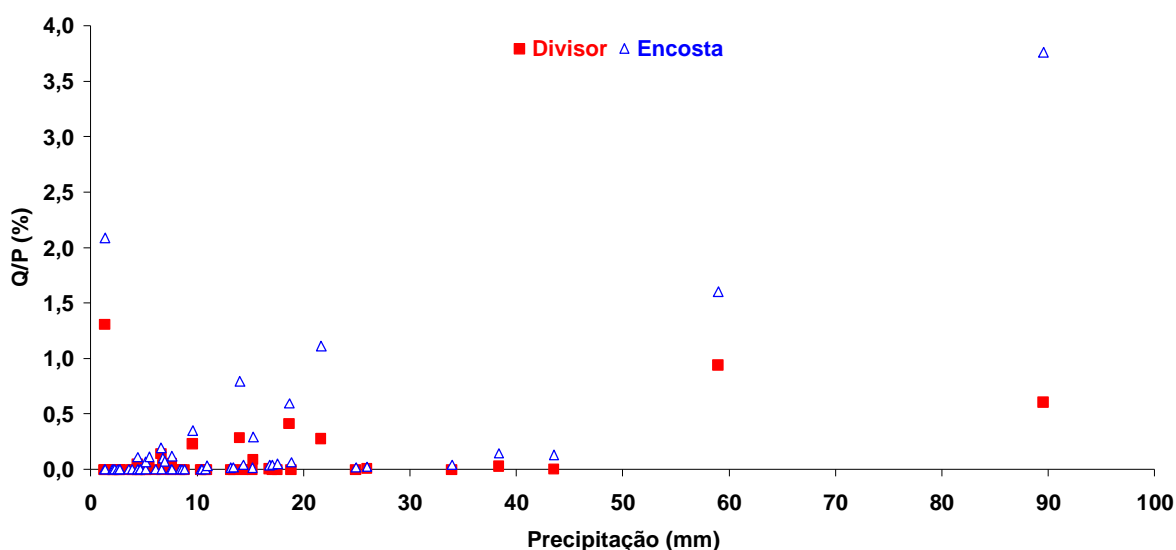


Figura 08 – Correlação da precipitação e a razão Q/P nas parcelas do divisor e da encosta lateral.

Esses baixos valores de escoamento superficial podem ser relacionados com o grande estoque de serrapilheira sobre o solo (11,9 Mg.ha<sup>-1</sup> em Abril de 2007). Resultados de Coelho Netto (1987) apontam a importância do controle hidrológico proporcionado pela camada de serrapilheira nos ambientes florestais, que determinaria a inibição do escoamento superficial e o favorecimento da infiltração da água no solo, embora este estudo tenha sido realizado em ambiente de floresta ombrófila. Outro fator que pode estar relacionado com a redução do escoamento superficial é a injeção pontual de água do atravessamento junto aos troncos. Espera-se que abaixo dos troncos seja encontrada a maior densidade de raízes, e



sabe-se que as raízes são vias preferenciais de percolação de água no solo (SILVEIRA *et al.*, 2005; DEUS, 1991).

Na comparação com o uso e cobertura antecedente da terra, que era de gramíneas para pastagem, o plantio de eucalipto apresentou valores similares aos descritos por Deus (1991) em seu experimento conduzido na cabeceira de drenagem de uma bacia não-canalizada coberta por gramíneas na bacia do rio Bananal. Deus (*op cit.*) relata valores de escoamento médios de 0,2% (máximo = 1,0% e mínimo = 0,0%), demonstrando que, no que tange o escoamento superficial, a cobertura de pastagem e o plantio de eucalipto com três anos apresentam comportamento hidrológico similar. Entretanto, resultados de Croke *et al.* (1999) chamam a atenção para o fato que a maior parte do escoamento superficial que ocorre em plantios de eucalipto está relacionada com as estradas de rodagem não-pavimentadas, pois as mesmas apresentam baixa capacidade de infiltração, favorecendo a ocorrência de escoamento superficial Hortoniano até em eventos de baixa intensidade.

#### **5) Conclusões:**

- Os fluxos de atravessamento são espacialmente variados. Concentração junto aos troncos devido à arquitetura convergente dos galhos, o que gera uma injeção pontual de água;
- O escoamento superficial no plantio de eucalipto é reduzido, com média de 0,1% no divisor e 0,2% na encosta, comparável ao do uso antecedente de gramíneas para pastagem, o que demonstra que os plantios de eucalipto são ambientes de infiltração de água no solo;

#### **6) Bibliografia:**

- Avelar, A.S. & Coelho Netto, A.L. (1992): Fraturas e desenvolvimento de unidades geomorfológicas côncavas no médio vale do rio Paraíba do Sul. Rev. Bras. Geociências 22(2): 222-227.
- Coelho Netto, A L. (2003): Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): Bases para um Modelo de Formação e Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. Rev. Bras. Geomorfologia, Ano 4(2): 118-167.
- Coelho Netto, A.L. (1987): Overlandflow production in a tropical rainforest catchment: the role of litter cover. CATENA 14(3): 213-231.
- Croke, J.; Hairsine, P. & Fogarty, P. (1999): Runoff generation and re-distribution in logged eucalyptus forests, south-eastern Austrália. Journal of Hydrology 216(1-2): 56-77.

- Deus, E. (1991): O papel da escavação das formigas do gênero *Atta* na hidrologia de encostas e áreas de pastagem – Bananal (SP). Dissertação (Mestrado), PPGG/IGEO/UFRJ. 135p.
- Hopmans P. & Bren, L.J. (2007): Long-term changes in water quality and solute exports in headwater streams of intensively managed radiata pine and natural eucalypt forest catchments in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 253: 244–261.
- Laclau, J.P.; Ranger, J.; Bouillet, J.P.; Nzila, J.D. & Delaporte, P. (2003): Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo: 1. Chemical composition of rainfall, throughfall and stemflow solutions. *Forest Ecology and Management* 176: 105-119.
- Lima, W.P. (1990): Overland flow and soil and nutrient losses from *Eucalyptus* plantations. *IPEF International* 1:35-44.
- Lima, W.P.; Zákia, M.J.B.; Libardi, P.L. & Souza Filho, A.P (1990): Comparative evapotranspiration of *Eucalyptus grandis*, pine and natural “cerrado” vegetation measure by the soil water balance method. *IPEF Internacional* 1: 5-11.
- Sato, A.M. (2008): Respostas geo-hidroecológicas à substituição de pastagens por plantações de eucalipto no médio vale do rio Paraíba do Sul: a interface biota-solo-água. Dissertação, PPGG/UFRJ. 160 p.
- Silveira, C.S.; Barbosa, M.C. & Coelho Netto, A.L. (2005): A tracer experiment as an alternative methodology to understand infiltration pathway in a tropical rainforest soil. *Solos e Rochas* 28(3): 261-270.
- Vianna, L.G.G.; Sato, A.M.; Fernandes, M.C. & Coelho Netto, A.L. (2007): Fronteira de expansão dos plantios de eucalipto no geocossistema do médio vale do rio Paraíba do Sul (SP/RJ). In: *Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico*, Taubaté, Brasil, IPABHi, 367-369.
- Zhou, G.Y.; Morris, J.D.; Yan, J.H.; Yu, Z.Y. & Peng, S.L. (2002): Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China. *Forest Ecology and Management* 67 (1-3): 209-222.