

## **AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO E INTERCEPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS**

**VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES<sup>1</sup>; RODRIGO M. SÁNCHEZ-ROMÁN<sup>1</sup>; JOSÉ MARIA TARJUELO<sup>2</sup>; MARIA MÁRCIA PEREIRA SARTORI<sup>1</sup> E ANTONIO RUIZ CANALES<sup>3</sup>**

<sup>(1)</sup>Faculdade de Ciências Agronômicas -Universidade Estadual Paulista. UNESP. Botucatu - SP - Brasil.

<sup>(2)</sup>Escuela Superior de Ingeniería Agrícola - Universidad Castilla La Mancha. UCLM. Albacete. Espanha.

<sup>(3)</sup>Escuela Politécnica Superior de Orihuela - Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuele Espanha.

E-mails: valdemirrodrigues@fca.unesp.br, rmsroman@fca.unesp.br, jose.tarjuelo@uclm.es, mmmsartori@fca.unesp.br, aruizcanales@gmail.com,

### **1 RESUMO**

Os objetivos foram quantificar o escoamento superficial em diferentes coberturas do solo; analisar a função da vegetação na interceptação da água e controle da erosão; discutir os fatores que alteram a dinâmica da água em parcelas experimentais. O trabalho foi realizado na fazenda São Manuel, no estado de São Paulo (FCA/UNESP), em parcelas de solos com: cobertura vegetal, gramíneas, sem cobertura vegetal e solo impermeabilizado. As simulações de chuvas foram realizadas com quatro tempos de duração. Os tipos de cobertura do solo, intensidade das precipitações, influenciaram no escoamento superficial com maior sedimentação, enquanto que no solo com vegetação ocorreu interceptação pelas copas e menor mobilização de sedimentos. O coeficiente de escoamento superficial foi baixo na presença de vegetação resultando em maior infiltração e melhor regularidade da vazão. Enquanto que a erosão e sedimentos aumentaram nos solos desprotegidos alterando a dinâmica hidrológica em microbacias.

**Palavras - chave:** precipitação, vegetação, erosão do solo, microbacia.

**RODRIGUES, V. A.; ROMÁN, R. M. S.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P;  
RUIZ CANALES, A.**

**EVALUATION OF RUNOFF AND INTERCEPTION OF RAINFALL**

### **2 ABSTRACT**

The objectives of this study were to quantify the surface runoff in different soil covers; analyze the effect of the forest on water interception and on erosion control; discuss the factors affecting water dynamics in experimental plots. The study was conducted at the São Manuel farm, São Paulo State - FCA/UNESP, in soil plots as follows: with vegetative cover, grasses, without vegetative cover and impervious soil. Rainfall simulations were performed using four time periods. The types of soil covering and rainfall intensity affected surface runoff causing higher sedimentation, whereas interception by the canopies and lower sediment mobilization were found in soil with vegetation. The coefficient of surface runoff was low in the presence of vegetation, leading to higher infiltration and better flow regularity, whereas erosion and sediments increased in unprotected soils affecting hydrological dynamics in micro watersheds.

**Keywords:** precipitation, vegetation, soil erosion, micro watershed.

### 3 INTRODUÇÃO

Estudos em microbacias hidrográficas experimentais são importantes para entender o funcionamento dos processos hidrológicos, visando o monitoramento da quantidade e da qualidade da água e os usos dos recursos naturais (WHITEHEAD; ROBINSON, 1993). As bacias hidrográficas de acordo com Oliveira e Crestani (2011) são conhecidas como unidades ambientais, pois permitem tratar dos componentes e da dinâmica das inter-relações imprescindíveis para o planejamento e gestão do meio ambiente. Neste sentido Mosca (2003) ressalta que a micro bacia é a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos. As perturbações podem comprometer a dinâmica de funcionamento. Esse conceito ecológico visa à identificação e o monitoramento orientado dos impactos ambientais.

A finalidade deste trabalho foi simular a precipitação em parcelas experimentais com e sem cobertura vegetal e, avaliar o escoamento superficial e a função da floresta na interceptação da água, controle e perdas de solo provocadas pela erosão Diniz; Kelting e Rueda, (2011) ressaltam que o processo de degradação do meio ambiente, tende a romper a sustentabilidade natural dessas áreas, na maioria dos casos de forma irreversível.

A diminuição do escoamento superficial está entre as principais funções hidrológicas da vegetação com atributos no controle da erosão e assoreamentos dos cursos d'água. Isto ocorre através da interceptação pelas copas com a diminuição da força de impacto causada pelas gotas d'água, evitando assim a desagregação das partículas do solo e, a camada orgânica proporciona maior infiltração da água no solo.

A cobertura florestal possui uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma microbacia hidrográfica, interferindo no movimento da água em vários compartimentos do sistema, inclusive nas saídas para a atmosfera e rios. Uma das principais influências da floresta ocorre no recebimento das chuvas pelas copas, quando se dá a redistribuição da água, onde parte é temporariamente retida pela massa vegetal, processo denominado de interceptação, em seguida evaporada para a atmosfera (ARCOVA; CICCIO; ROCHA, 2003).

A precipitação interceptada pelas copas da floresta minimiza o impacto das gotas, resultando em precipitação interna e escoamento pelo tronco que efetivamente chega ao solo e facilmente se infiltra. A água fica disponível para as plantas e, reabastece a capa freática e disponibilizada para as nascentes.

A interceptação da chuva pelas copas é obtida pela diferença entre as precipitações total a céu aberto e efetiva que atinge o piso florestal, conforme Herwitz e Slye (1995) e Rodrigues e Costa (2009). Sendo caracterizada pela dimensão da chuva, em termos de intensidade e tipo, e pela arquitetura da copa, importante na proteção dos solos contra o impacto direto das gotas (XIAO et al., 2000).

A vegetação tem um papel fundamental no balanço de energia e no fluxo de volumes de água. A parte inicial da precipitação é retida pelas copas; quanto maior for a superfície de foliar, maior a área de retenção da água durante a precipitação (TUCCI; CLARKE, 1997).

A capacidade de infiltração da água depende do tipo e do uso do solo. A infiltração em solos com floresta é alta segundo Pritchett (1979) o que resulta em baixa quantidade de escoamento superficial. A floresta fechada intercepta as precipitações de baixa intensidade e não geram escoamento. Após chuvas de grande intensidade, a capacidade de interceptação diminui e, após saturação das copas, a água atinge o piso florestal, há infiltração e após saturação ocorre escoamento superficial (TUCCI; CLARKE, 1997).

Processos de erosão e perdas de solo são entendidos como um dos principais erros de procedimentos e estratégias do manejo e produção, por falta de práticas de conservação de solo (GUERRANT; MILLER; MAHANNAH, 1991; PRATO; WU, 1991; OLSON; LAI; NORTON, 1994; SOILEAU; TOUCHTON; HAJEK, 1994).

O relatório da Organização das Nações Unidas (FAO, 2011) comenta que 25% dos solos no mundo encontram-se em estágio avançado de degradação, colocando em risco os sistemas de produção e a qualidade dos recursos hídricos.

A precipitação é o principal processo hidrológico que retroalimenta a dinâmica dos ecossistemas garantindo a sobrevivência dos seres vivos na Terra (RODRIGUES, 2014). A intensidade das chuvas são fatores fundamentais nos processos relacionados à infiltração, escoamento e erosão. A declividade do terreno e o escoamento superficial da água das chuvas são decisivos no aumento dos processos erosivos.

Os objetivos foram quantificar o escoamento superficial em diferentes coberturas do solo; analisar a função da vegetação na interceptação da água e controle da erosão; discutir os fatores que alteram a dinâmica da água em unidades experimentais na fazenda São Manuel, no estado de São Paulo (FCA/UNESP).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização e instalações

O estudo foi conduzido na micro bacia hidrográfica do rio Paraíso, que se encontra no município de São Manuel, no estado de São Paulo, Brasil. Está circunscrita entre as coordenadas geográficas: 22°45' a 22°47' de latitude (S) e 48°33'24" a 48°35'34" de longitude (W), numa altitude média de 770 m. Segundo publicação de Pinto et al. (2011), a fazenda experimental da UNESP, encontra-se numa faixa de precipitação pluviométrica média anual de aproximadamente 1.500mm.

O trabalho foi realizado em quatro parcelas com dimensões de: 2 x 1m = 2,0 m<sup>2</sup> com um triângulo de base para o escoamento superficial de: 0,5 x 0,76 m x 2 = totalizando uma área de 2,76 m<sup>2</sup>, com área total das 4 parcelas de: 11,04 m<sup>2</sup> com declividade média de 20 %. Sobre as parcelas a 2 metros de altura foram instalados 6 canos e 24 aspersores (Figura 1).

As simulações de chuvas foram realizadas com tempos de 4 - 6 e 10 min de duração, com precipitação média coletada nos pluviômetros de 7,34 – 10,49 e 15,66 mm; Já a precipitações efetiva direta no piso florestal foram: (6,36 – 9,63 e 12,53) milímetros. Todos os resultados são dados médios de três repetições, sob a pressão constante, o que muda são os tempos das chuvas e as pequenas diferenças na precipitação de cada parcela recolhida em seus respectivos recipientes “pluviômetros”. De acordo com Tarjuelo (2005) a pluviometria média do sistema de chuva artificial pode ser calculada pela equação 1.

$$P_{ms} = \frac{q}{S_a \cdot S_I} (L / m^2) \dots\dots\dots (eq.1)$$

Sendo: P<sub>ms</sub> = pluviometria média do sistema de chuva artificial conseguida (Lm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> = mmh<sup>-1</sup>); q = fluxo que descarga um aspersor (Lh<sup>-1</sup>); S<sub>a</sub> = separação entre aspersores no cano de PVC (m); S<sub>I</sub> = separação entre os canos (m).

Desta maneira, a precipitação media em cada evento de chuvoso (equação 2) segundo (TARJUELO, 2005).

$$P = Pms \times T(mm) \dots\dots\dots(eq.2)$$

Sendo: P = precipitação média em cada evento de chuvoso (mm). T = tempo de duração da chuva artificial (h).

Os tempos de duração das chuvas foram escolhidos para verificar a capacidade de interceptação das copas, até o molhamento completo e o início da precipitação efetiva que chega a superfície do solo.

Os tipos de cobertura presentes na parcelas analisadas foram os tratamentos: T1) solo com vegetação (arbustos e indivíduos arbóreos em formação), T2) solo com gramíneas, T3) solo sem cobertura vegetal, T4) solo coberto com ladrilho (Figura 1).

**Figura 1.** Parcelas de simulação de chuva em diferentes coberturas do solo.



A cada evento chuvoso as precipitações, intensidade, interceptação, precipitação efetiva foram quantificadas e, o volume de escoamento superficial foi captado por quatro recipientes dispostos na secção inferior das parcelas conforme (Figura 1). Os volumes coletados foram quantificados em (mL) e posteriormente transformados em (mm).

## 4.2 Precipitação

A precipitação pluviométrica (P) foi quantificada em média aritmética de três recipientes localizados no centro de cada parcela com espaço de 65 cm entre eles, com capacidade de 100 mm de acordo com a Norma ISSO 15886-3, que exige um mínimo de (8,5 cm). A precipitação efetiva foi medida nestes três recipientes sob dossel dentro do fragmento florestal. Todas as chuvas foram quantificadas em  $cm^3$  e transformadas em milímetros de chuva pela equação 3.

$$P = \frac{V}{A_p} 10 \dots\dots\dots(eq.3)$$

Sendo: P = precipitação (mm); V = volume (cm<sup>3</sup>); Ap = área do pluviômetro (cm<sup>2</sup>).

### 4.3 Precipitação efetiva

A precipitação efetiva (Pe), foi medida somente no fragmento florestal em três recipientes instalados na superfície do solo sob dossel. Vale ressaltar que é uma metodologia simples, com limitações e demonstrativa numa parcela experimental. O volume de água foi quantificada em cm<sup>3</sup> nos eventos chuvosos e transformada em (mm) pela equação 4.

$$Pe = \frac{Vsd}{Ap} .10 \dots\dots\dots (eq.4)$$

Sendo: Pe = precipitação efetiva (mm); Vsd = volume de chuva coletado sob dossel (cm<sup>3</sup>); Ap = área do pluviômetro (cm<sup>2</sup>).

### 4.4 Intensidade da precipitação

A intensidade (I) das precipitações foram calculadas em milímetro por minuto (mm/min) através da equação 5.

$$I = \frac{P}{t} \dots\dots\dots (eq.5)$$

Sendo: I = intensidade (mm.min<sup>-1</sup>); P = precipitação (mm); t = tempo em (min).

### 4.5 Escoamento superficial

O escoamento superficial da água das chuvas certamente provoca erosões. Nos estudos de modelagem de erosão em pastagens Nearing et al. (2011) ressaltam que as perdas de solo e água são decorrentes dos processos erosivos. O escoamento superficial (Qds) ocorrido após cada simulação de chuva foi quantificado pela equação 6.

$$Qds = \frac{Ves}{Apa} .10 \dots\dots\dots (eq.6)$$

Sendo: Qds = escoamento superficial (mm); Ves = volume do escoamento superficial (cm<sup>3</sup>); Apa = área da parcela (cm<sup>2</sup>).

### 4.6 Coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*)

A relação do escoamento com a precipitação denominada de coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*; CR) foi calculada através da equação 7.

$$CR\% = \frac{Qds}{P} .100 \dots\dots\dots (eq.7)$$

Sendo: CR = Coeficiente de escoamento superficial (%); P = precipitação (mm), Qds = escoamento superficial (mm).

#### 4.7 Intercepção pelas copas

A intercepção da precipitação pelas copas da vegetação é um processo hidrológico onde a água da chuva retorna à atmosfera sem atingir o solo. Assim a fração de água que não chega ao solo, de acordo com (LIMA, 1993; CECCON; MARTINEZ-RAMOS, 1999). A estimativa da intercepção foi calculada utilizando as médias das precipitações incidentes e efetivas através da equação 8.

$$Ic = P - Pe \dots\dots\dots(eq.8)$$

Sendo: Ic = intercepção (mm); P = precipitação (mm); Pe = precipitação efetiva (mm).

#### 4.8 Erosão e Sedimentos

A quantidade de solo e sedimentos perdidos pela erosão devido ao escoamento superficial em cada parcela foi coletada em recipientes nas primeiras chuvas, conforme (Figura 1). Após a quantificação do volume de enxurrada de cada parcela, os sedimentos decantado no fundo dos recipientes, foram coados e pesados, em gramas, sendo posteriormente extrapolado da área de cada parcela experimental para kg por hectare.

Na serrapilheira sobre o solo no piso florestal foram realizadas aleatoriamente 10 medidas, com régua em centímetros da altura da manta orgânica. Esta tem forte influência no aumento da infiltração e diminuição do escoamento da água que causa erosão.

Existe uma grande quantidade de publicações sobre erosão do solo no Brasil e no mundo, mas, as grandes questões ainda não foram respondidas. Os motivos desse descompasso trazem à tona a necessidade de discutir o papel da pesquisa em erosão do solo (BARRETTO; LINO; SPAROVEK, 2009). Sobre erosão do solo (TELLES; GUIMARÃES; DECHEN, 2011) realizaram revisão sobre estimativas dos custos da erosão do solo um levantamento de fundamental importância diante das discussões sobre sustentabilidade ao redor do mundo.

Os dados de precipitação, intensidade, escoamento e perda de solo, foram avaliados pela análise de variância e pelo teste de Tukey. Para a avaliação do comportamento dessas variáveis e da precipitação incidente em função do tempo foi realizada a regressão linear dos dados. Análise estatística foi realizada no Minitab 16.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Processos hidrológicos

Os dados médios de três repetições da precipitação em (mm), intensidade da precipitação em (mm/min), escoamento superficial em (mm), respectivamente para os três tempos em diferentes coberturas do solo podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Processos hidrológicos diferentes tempos em ambientes com e sem vegetação

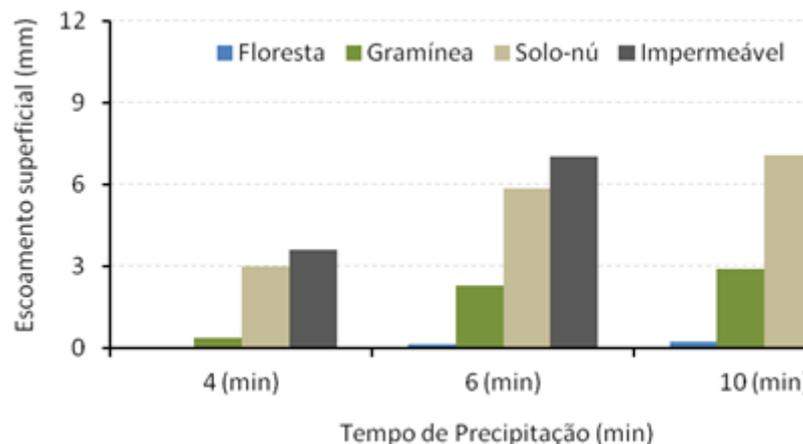
Tempo	4 (min)			6 (min)			10 (min)		
	P (mm)	I (mm/min)	Qds (mm)	P (mm)	I (mm/min)	Qds (mm)	P (mm)	I (mm/min)	Qds (mm)
Cobertura do Solo									
Floresta	6,36 <sup>b</sup>	1,59 <sup>b</sup>	0,00 <sup>d</sup>	9,63	1,6	0,12 <sup>d</sup>	12,53 <sup>b</sup>	1,27 <sup>b</sup>	0,22 <sup>d</sup>
Gramínea	7,34 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	0,35 <sup>c</sup>	10,28	1,71	2,28 <sup>c</sup>	15,50 <sup>a</sup>	1,55 <sup>a</sup>	2,89 <sup>c</sup>
Solo-nú	7,34 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	3,00 <sup>b</sup>	10,12	1,68	5,85 <sup>b</sup>	15,67 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	7,06 <sup>b</sup>
Impermeável	7,34 <sup>a</sup>	1,84 <sup>a</sup>	3,60 <sup>a</sup>	11,08	1,84	7,00 <sup>a</sup>	15,80 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	10,40 <sup>a</sup>
Probabilidade	<0,01	<0,01	<0,01	ns	ns	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

P = precipitação (mm); I = intensidade (mm/min.); Qds = escoamento superficial (mm); ns = não significativo

Pode-se observar diferenças significativas na precipitação e na intensidade da precipitação a nível de ( $p < 0,01$ ) para o solo com cobertura vegetal (floresta) com relação aos demais solos nos tempos de 4 e 10 minutos (Tabela 1). A intensidade está correlacionada com o tempo de duração das chuvas e, em função do volume de água medido nos pluviômetros nas diferentes coberturas.

Embora a descarga do sistema de chuva artificial seja constante, as limitações das parcelas e ambientais para poder conseguir uma chuva totalmente uniforme junto com o efeito do vento, fazem que apareçam estas diferenças na água recolhida pelos pluviômetros.

Não há escoamento superficial no solo com floresta nos primeiros quatro minutos devido ao molhamento do dossel, já no solo descoberto ocorre escoamento e, difere significativamente a nível de ( $p < 0,01$ ) de probabilidade, em todos os tempos quando comparados com todos os tipos de cobertura de solos analisados. Os resultados do escoamento superficial após as precipitações em diferentes coberturas do solo e tempos de duração foram distintos, como podem se observados na Figura 2.

**Figura 2.** Escoamento superficial em diferentes coberturas do solo.

O coeficiente do escoamento superficial, relação do escoamento com a precipitação, nas três chuvas em diferentes intensidades foram baixos na presença de vegetação florestal: 0,0; 1,3 e 1,8% (Tabela 1) nos três tempos e, no ambiente com gramínea o coeficiente escoamento superficial é baixo no primeiro tempo (4,8%) aumentando para (16,6 e 18,7%) o que refletem

numa maior infiltração da água e melhor regularidade da vazão na micro bacia vegetada, comparados com o solo descoberto.

Enquanto que nos ambientes sem cobertura vegetal, descoberto, o coeficiente escoamento superficial foi superior: 40,9; 57,8 e 45,0% e, no solo impermeabilizado o coeficiente escoamento superficial foi maior: 49,1; 63,2 e 65,8%, é crescente à medida que aumenta o tempo e, não atinge 100% devido à primeira fase de molhamento da cobertura de tijolos e cimentada. Ambos podem causar erosão, alagamentos, assoreamentos e baixos fluxos de água na vazão dos rios ao longo do tempo.

A permeabilidade caracteriza-se pela capacidade do solo em infiltrar a água, este parâmetro reflete a relação infiltração/deflúvio e está diretamente relacionado à estrutura do solo, preparo do solo, erosão, aeração e absorção de água, segundo (BORGES et al., 2005).

Quando existe compactação do solo ou manejo inadequado, ocorre escoamento superficial da água das chuvas provocando erosões e perdas de solo fértil, causando prejuízos agrícolas e ambientais com o assoreamento do ecossistema ripário e outros.

## 5.2 Perdas de solo

Com relação às parcelas experimentais, deste trabalho, a perda de solo em diferentes coberturas pode-se verificar uma diferença entre todos os tipos de cobertura do solo, sendo que o maior grau de erosão corresponde ao solo nu desprotegido de vegetação que representa o maior potencial erosivo com 253, 91 kg/ha em três chuvas de 10 minutos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Perda de solo e processos erosivos em parcelas com e sem vegetação.

Parcelas	Perda de solo (g)	Erosão kg/ha	Desvio Padrão
Floresta	1,00 <sup>b</sup>	3,62 <sup>b</sup>	0,00
Gramínea	3,62 <sup>b</sup>	13,12 <sup>b</sup>	1,80
Solo-nú	70,08 <sup>a</sup>	253,91 <sup>a</sup>	12,11
Impermeável	1,32 <sup>b</sup>	4,78 <sup>b</sup>	0,48

Letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey.

A proteção da vegetação proporciona uma barreira física ao escoamento, resultando em redução da velocidade do escoamento e contribuindo assim, na redução de sedimentos escoados pela enxurrada e maior sustentabilidade da água nas microbacias.

Com relação as perdas de água e solos, segundo (SILVA; SCHNEIDER; ELTZ, 1998) ressalta que onde houve corte raso e queima dos resíduos da floresta de Acácia Negra, resultaram em perdas de água e solo.

O solo descoberto apresentou um aumento de 98,09% de sedimentos quando comparado com solos com cobertura vegetal. A diminuição do escoamento superficial da água está entre as principais funções hidrológicas da vegetação, pois, possibilita o controle da erosão e interrupção de assoreamentos dos cursos d'água.

No Brasil, a erosão carrega anualmente 500 milhões de toneladas de solo o que corresponde a uma camada de 15 centímetros de solo, numa área de 280.000 ha. Esse material arrastado pela erosão irá se depositar nas baixadas e nos rios, riachos e lagoas, causando assoreamentos e enchentes ECOLNEWS (2013).

As perdas de solo e água sob chuva simulada foram avaliadas em pomar de macieira em Latossolo. Conduzido em parcelas experimentais, sob chuvas com duração e intensidade constante em diferentes sistemas de manejo. Observaram que o tempo de ocorrência do escoamento superficial influenciou a perda de solo; observou-se aumento dessa variável com o aumento do tempo de enxurrada até certo momento, a partir do qual diminuiu em todos os tratamentos; a perda de água aumentou até certo momento e estabilizou de acordo com (GOBBI et al., 2011).

### 5.3 Intercepção pelas copas das árvores

Os resultados dos processos hidrológicos da precipitação efetiva, intercepção das copas, infiltração e coeficiente de escoamento superficial podem ser observados na Tabela 3.

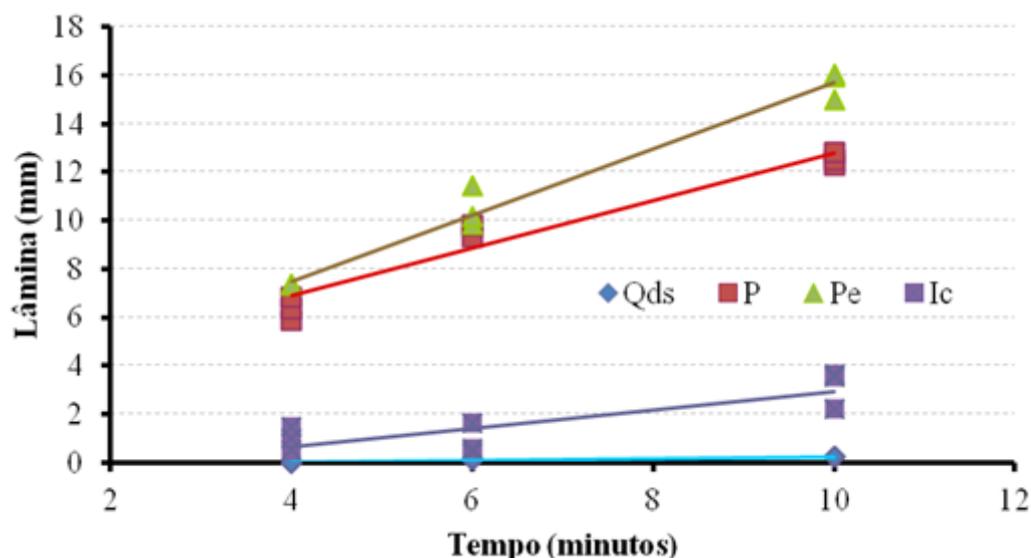
**Tabela 3.** Processos hidrológicos na floresta

	T1	T2	T3
Processos	4(min)	6(min)	10(min)
P (mm)	7,34	10,49	15,66
Pe (mm)	6,36	9,63	12,53
Ic (mm)	0,98	1,00	3,15
Qds (mm)	0,00	0,12	0,22
CR (%)	0,00	1,25	1,76

Nota: Precipitação incidente (P), Precipitação efetiva (Pe), Intercepção das copas (Ic), T (tratamento), Escoamento superficial (Qds), Infiltração da água no solo (IF), Coeficiente de escoamento superficial (CR).

As copas das árvores e a manta orgânica na serrapilheira proporcionam um processo natural de intercepção da chuva, resultando em menor coeficiente de escoamento superficial, maior infiltração da água no solo e conseqüentemente maior controle da erosão. No ecossistema florestal há uma redistribuição da água das chuvas, parte é interceptada pelas copas, tem a precipitação interna que passa pelas copas, juntamente com o escoamento pelo tronco, e atinge o piso florestal.

A precipitação efetiva que atingiu o solo com cobertura florestal no primeiro tempo (t1) referente a 4 minutos, ficou totalmente disponível para o processo de infiltração da água no solo, já nos tempos (t2 e t3) de maior duração da chuva de 6 a 10 minutos, ocorreu um pequeno escoamento superficial. Portanto a floresta proporcionou uma maior sustentabilidade da água subterrânea na microbacia.

**Figura 3.** Equações de regressão dos processos hidrológicos

Os eventos hidrológicos foram calculados em milímetros (mm) e o tempo (t) em minutos (min) observados e estimados pelas equações. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mostra alta correlação e pouca dispersão dos dados entre os processos hidrológicos e o tempo(t). A precipitação:  $P = 0,99(t) + 2,94$ ; apresenta um coeficiente de determinação  $R^2 = 92,9\%$ , com apresentou alta correlação entre as variáveis.

A precipitação efetiva:  $Pe = 1,37(t) + 2,01$ ; com  $R^2 = 97,6\%$ . O escoamento superficial:  $Qds = 0,03(t) - 0,13$ ; com  $R^2 = 92,8\%$ , apresentou alta correlação.

O escoamento superficial:  $Qds = 0,03(t) - 0,13$ ; com coeficiente de determinação  $R^2 = 92,8\%$ , apresentou alta correlação.

A interceptação pelas copas:  $Ic = 0,39(t) - 0,92$ ; com coeficiente de determinação  $R^2 = 63,0\%$ , apresentou baixa correlação.

No evento chuvoso de 10 minutos em dados médios precipitou 15,66 mm, com uma intensidade de 1,27 milímetros por minuto. Neste caso a interceptação pelas copas da floresta foi de 20,12% da precipitação total.

A interceptação das chuvas pela floresta proporciona uma melhor redistribuição da água e, a serrapilheira proporciona uma maior infiltração da água no solo o que possibilita o suprimento de água para o lençol freático e aquíferos e a disponibilidade para as nascentes. A manta orgânica no piso florestal em dados médios resultou em 5,43 cm. Esta desempenha um processo fundamental na manutenção da umidade, infiltração da água, ciclagem de nutrientes e controle da erosão. Já o solo desprotegido de vegetação favorece o escoamento superficial da água e a erosão.

## 6 CONCLUSÕES

O coeficiente de escoamento superficial foi baixo na presença da vegetação resultando em maior infiltração e melhor regularidade da vazão. Enquanto que a erosão e sedimentos carregados aumentaram nos solos desprotegidos alterando a dinâmica da água no solo.

Os quatro tipos de cobertura do solo e os diferentes tempos de chuva permitiram visualizar e quantificar os processos hidrológicos e comprovar a importância da interceptação vegetal na regulação dos processos hídricos, diminuição do escoamento e controle da erosão.

Os resultados permitem concluir que a erosão e a impermeabilização alteram a dinâmica da água. A erosão com perda de solo e assoreamentos de nascentes e rios e, a impermeabilização em alagamentos e enchentes urbana, ambas provoca altas vazões de pico.

## 7 REFERÊNCIAS

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação pelas copas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

BARRETTO, A. G. O. P.; LINO, J. S.; SPAROVEK, G. Bibliometria da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo: instituições, temas, espaço e cronologia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600033>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BORGES, J. M.; PISSARRA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 69, p. 93-103, 2005.

CECCON, E.; MARTINEZ-RAMOS, M. Aspectos ambientales referentes al establecimiento de plantaciones de eucalipto de gran escala en áreas tropicales: aplicación al caso de México. **Revista Interciencia**, Venezuela, v. 24, n. 6, p. 352-359, 1999.

DINIZ, S. F.; KELTING, F. M. S.; RUEDA, J. R. J. Análise Fisiográfica solo/paisagem do Rio Acaraú – CE. **Revista da ANPEGE**, Campinas, v. 7, n. 7, p. 143-154, 2011.

ECOLNEWS. Água, o líquido cada vez mais precioso: a importância das florestas no ciclo da água. Disponível em: <<http://www.ecolnews.com.br/agua/indice.htm>>. Acesso em: 7 jul. 2015.

FAO. **Escassez e degradação dos solos e da água ameaçam segurança alimentar**. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>>. Acesso em: 2 ago. 2013.

GOBBI, E.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; WERNER, R. S.; RAMOS, R. R.; FERREIRO, J. P.; GEBLER, L. Erosão hídrica associada a algumas variáveis hidrológicas em pomar de maçã submetido a diferentes manejos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, 2011.

GUERRANT, D. G.; MILLER, W. W.; MAHANNAH, C. N.; NARAYANAN, R. Soil processes and chemical transport. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 20, p. 396-402, 1991.

HERWITZ, S. R.; SLYE, R. E. Three-dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 168, p. 205-226, 1995.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1993. 301 p.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando à identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

NEARING, M. A.; WEI, H.; STONE, J. J.; PIERSON, F. B.; SPAETH, K. E.; WELTZ, M. A.; FLANAGAN, D. C.; HERNANDEZ, M. A rangeland hydrology and erosion model. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, St. Joseph, v. 54, p. 1-8, 2011.

OLIVEIRA, E. D. de; CRESTANI, A. Caracterização fisiográfica da Bacia de drenagem do Córrego Jandaia, Jandaia do Sul/PR. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 5, n. 10, p. 169-183, 2011. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/actageo/article/view/427/554>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

OLSON, K. R.; LAI, R.; NORTON, L. D. Evaluation of methods to study soil erosion-productivity relationships. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, p. 586-590, 1994.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coord.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas\\_Totais\\_Anuais\\_1977\\_2006.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf)>. Acesso em: 3 mar. 2015.

PRATO, T.; WU, S. Erosion, sediment, and economic effects of conservation compliance in an agricultural watershed. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 46, p. 211-214, 1991.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley, 1979. 500 p.

RODRIGUES, V. A. **Avaliação dos processos hidrológicos em microbacias hidrográficas**. 2014. 125 f. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

RODRIGUES, V. A.; COSTA, P. N. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas em povoamento de Eucalipto. **Revista BioEng**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 77-86, 2009.

SILVA, L. L. da; SCHNEIDER, P. R.; ELTZ, F. L. F. Influência dos resíduos da colheita da floresta de acácia negra (*Acacia mearnsii* de Wild) sobre as perdas de água e solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 43-53, 1998.

SOILEAU, J. M.; TOUCHTON, J. T.; HAJEK, B. F.; YOO, K. H. Sediment, nitrogen, and phosphorus runoff with conventional - and conservation - tillage cotton in a small watershed. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, p. 82-89, 1994.

TARJUELO J. M. **El riego por aspersión y su tecnología**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2005.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. Os custos da erosão do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 287-298, 2011.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

XIAO, Q.; McPHERSON, E. G.; USTIN, S. L.; GRISMER, M. E.; SIMPSON, J. R. Winter rainfall interception by two mature open-grow trees in Davis, California. **Hydrological Processes**, Davis, v. 14, p.763-784, June, 2000.

WHITEHEAD, P. G., ROBINSON, M. Experimental basin studies: international and historical perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 145, p. 217-230, 1993.