



## ANÁLISE DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM MODELO DIDÁTICO DE MICROBACIAS

RODRIGUES, Valdemir Antonio<sup>1</sup>

**RESUMO** – (ANÁLISE DOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM MODELO DIDÁTICO DE MICROBACIAS) Os modelos para a simulação de precipitação são utilizados de forma didática no entendimento do comportamento da água superficial e subterrânea. O objetivo foi analisar os processos hidrológicos que ocorrem em microbacias, através de simulação de chuvas em ambientes com vegetação e sem vegetação e, observar as diferenças entre escoamento superficial direto (Qds) e fluxo de base (Qbf). Foram feitas simulações em duas intensidades de chuva:  $P_1$  e  $P_2$  e três tempos:  $t_1$ ,  $t_2$ , e  $t_3$ . Os resultados de escoamento superficial com vegetação foram baixos:  $P_1$  (0,02; 0,03; e 0,06) e  $P_2$  (1,00; 2,66 e 4,50) mm, nos três tempos, enquanto que no ambiente sem cobertura vegetal foram superiores:  $P_1$  (2,32; 3,25; e 5,51);  $P_2$  (10,01; 16,02 e 20,02) mm, o que pode causar erosão e alagamentos. Já o fluxo de base no ambiente com vegetação foi favorável em:  $P_1$  (2,61; 3,19; e 6,09) e  $P_2$  (7,95; 16,85 e 19,49) mm, o que reflete uma maior infiltração e melhor regularidade da vazão na microbacia florestada. As observações nas duas microbacias permitiram visualizar os processos hidrológicos e comprovar a importância da cobertura vegetal na regulação dos processos hídricos, na manutenção do lençol freático e na diminuição dos processos de escoamento superficial e erosão.

**Palavras-chave:** simulação de chuva, escoamento superficial, fluxo de base, processos hidrológico.

**ABSTRACT** – (ANALYSIS OF HYDROLOGICAL PROCESSES IN TEACHING MODEL FOR WATERSHED) The models for the simulation of precipitation are used in an instructive way in understanding the behavior of surface water and groundwater. The objective was to analyze the hydrological processes occurring in watersheds, through simulation of rainfall in environment with vegetation and without vegetation and, observe the differences between direct surface runoff (Qds) and base flow (Qbf). Simulations were made in two rain intensities:  $P_1$  and  $P_2$  and three times:  $t_1$ ,  $t_2$ , and  $t_3$ . The results of runoff with vegetation were low:  $P_1$  (0.02, 0.03, and 0.06) and  $P_2$  (1.00, 2.66 and 4.50) mm, in three times, while in the environment without grass were higher:  $P_1$  (2.32, 3.25, and 5.51),  $P_2$  (10.01, 16.02 and 20.02) mm, which can cause erosion and flooding. However the base flow in the environment with vegetation was favorable:  $P_1$  (2.61, 3.19, and 6.09) and  $P_2$  (7.95, 16.85 and 19.49) mm, which reflects increased infiltration and better regularity of flow in the forested watershed. The observations in the two watersheds allowed visualizing the hydrological processes and demonstrate the importance of vegetation in regulating the water processes, in maintaining the groundwater and reducing the processes of runoff and erosion.

**Key words:** rainfall simulation, runoff surface, base flow, hydrologic processes.

<sup>1</sup> Docente do Departamento de Recursos Naturais - Universidade Estadual Paulista - UNESP – FCA, Botucatu - São Paulo – Brasil. valdemirrodriques@fca.unesp.br

## 1 INTRODUÇÃO

Os modelos para a simulação de chuva, monitoramento dos processos hidrológico e balanço hídrico, são utilizados de forma didática para um maior entendimento do comportamento das águas superficial e subterrânea em ambientes com e sem vegetação. Quando a água das chuvas atinge o solo ela pode percorrer dois caminhos: a infiltração e drenagem vertical da água para a zona não saturada do solo com elevação dos níveis freáticos e ou escoamento superficial direto que podem causar erosão, alagamentos e enchentes.

A importância da floresta na manutenção dos serviços ambientais e conservação da microbacia hidrográfica são comprovadas através da regularidade na produção de água doce com qualidade e disponibilidade para a comunidade.

A água doce é um recurso natural de importância vital para sobrevivência dos seres em todos os ecossistemas, e sua sustentabilidade deve ser uma meta de preservação para as atuais e próximas gerações. A utilização inadequada do solo e da água tem proporcionado aumento de áreas

degradadas e alterado a qualidade da água disponível em todas as regiões do mundo.

O Brasil possui 13,8% da água doce do mundo somando-se as águas superficiais e profundas. Segundo dados do IBGE (2000) cerca de 55% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas. Existem cidades como Ribeirão Preto em São Paulo que são totalmente abastecidas por este tipo de recurso (FERREIRA *et al.*, 2007).

Microbacia hidrográfica é uma unidade de menor dimensão que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para um único ponto, ao longo de um rio ou corpo d'água, a qual é ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente, permitindo um melhor aproveitamento em termos hídricos, ecológicos, econômico-social e melhoria da qualidade de vida dos seus usuários (LIMA, 1996; RODRIGUES, 2004).

O ecossistema natural com vegetação preservada é fruto da evolução biológica e possui funções físicas estabilizantes nas margens dos rios e nas encostas íngremes das microbacias hidrográficas. A vegetação é responsável pela manutenção do potencial produtivo, manutenção dos processos hidrológicos, microclima ameno entorno dos

rios, fornecedora de materiais para a comunidade biótica e reguladora de material dissolvido proveniente do sistema terrestre entre outras funções (RODRIGUES, 2006).

A vazão de uma microbacia é formada por dois componentes: o escoamento de base e o direto. O primeiro denominado de fluxo de base e mais lento, corresponde a parte da água das chuvas que infiltra nos solos, percola em profundidade com a drenagem vertical da água para a zona não saturada do solo com elevação dos níveis freáticos ou água subterrânea. O escoamento direto ou fluxo rápido consiste na água do rio que deixa a microbacia durante ou logo após a chuva.

O escoamento superficial direto por apresentar uma resposta imediata após as chuvas, está associado aos problemas de transporte de sedimentos, alteração da qualidade da água dos rios, inundações e enchentes. (ARCOVA, 2006).

As nascentes perdem a capacidade de produção de água quando o ambiente de contribuição natural de infiltração em seu entorno, área de recarga do lençol freático, é alterado pelo homem que compromete seu reabastecimento e sua produção de água. (RODRIGUES, 2006). A recarga natural depende do regime de chuvas e do equilíbrio

hídrico que se estabelece entre o escoamento superficial, escoamento de base e a evapotranspiração.

Lima (1996) afirma que a declividade de uma bacia hidrográfica tem relação importante com vários processos como o hidrológico, o escoamento superficial, a infiltração, a umidade do solo, entre outros. Pois, este é um fator que regula o tempo de duração do escoamento superficial.

O acelerado processo de urbanização das grandes cidade em todos os países, com urbanização de áreas de manacial, causando a impermeabilização do solo com asfalto, calçadas e construções, que são os fatores responsáveis pelas enchentes inundações e mortes. Portanto, a redistribuição da água das chuvas “colheita de chuva” tem duas finalidades: a) amenizar as enchentes urbanas, b) aumentar o reabastecimento do lençol freático para a produção de água doce (RODRIGUES, 2010).

A disponibilidade e qualidade da água são indicadores de desenvolvimento humano de uma região; portanto, estas estão relacionadas com o desenvolvimento econômico, social, cultural e ambiental da comunidade, com reflexos positivos na qualidade de vida ou negativos como falta de água, proliferação de doenças, com prejuízos

à saúde das comunidades envolvidas (RODRIGUES, 2006), preservar a microbacia é fundamental para o ser humano.

O objetivo deste trabalho foi analisar os processos hidrológicos que ocorrem em um ambiente controlado, representando as microbacias hidrográficas, através de simulação de chuvas em ambientes com e sem vegetação; bem como, observar as diferenças entre escoamento superficial direto (Qds), fluxo de base (Qbf) e armazenamento da água no solo (AS), em diferentes intensidades de chuvas em solos com e sem cobertura florestal.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

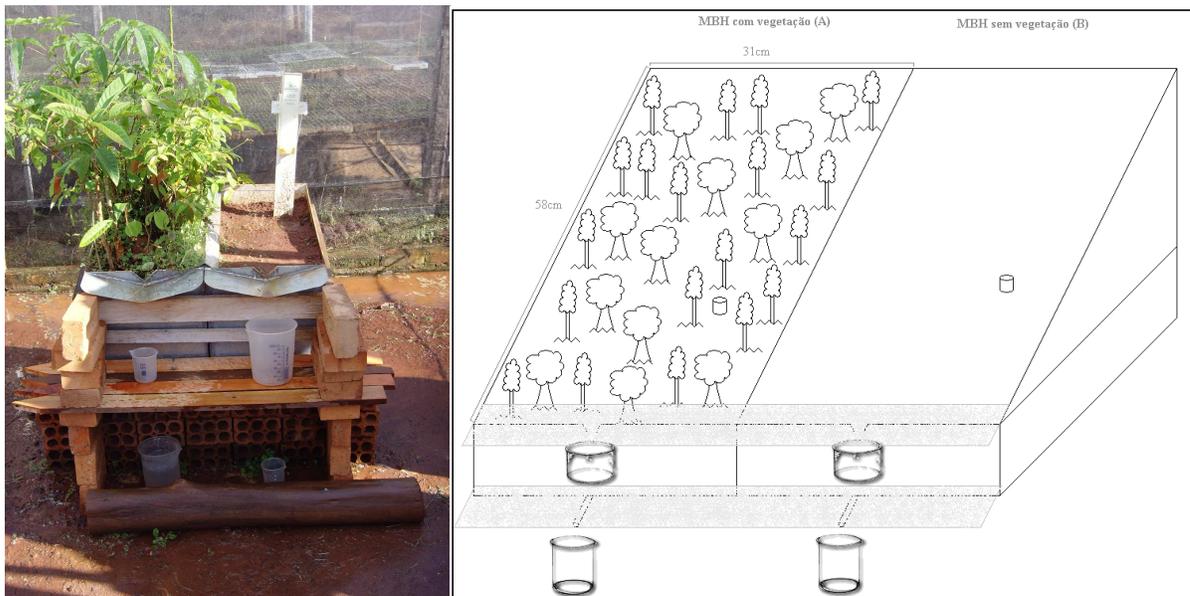
### **2.1 Localização**

Os ensaios foram realizados na área experimental do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas (UNESP), Campus de Botucatu. O clima em Botucatu de acordo com a classificação Koeppen é definido como Csa ou temperado chuvoso, úmido e com verões quentes, precipitação média anual de 1517mm e a temperatura média anual de 20,6°C. Latitude

22°52'47" S, longitude 48°25'12" W e altitude média de 810m.

Os materiais utilizados para este trabalho foram: aspersores, as caixas com brita, sombrite, solo e vegetação denominados de modelos didáticos, cronômetro, nivelador, fita métrica, proveta graduada, recipiente, balde para a coleta de água, lápis, borracha, calculadora e planilha de cálculo.

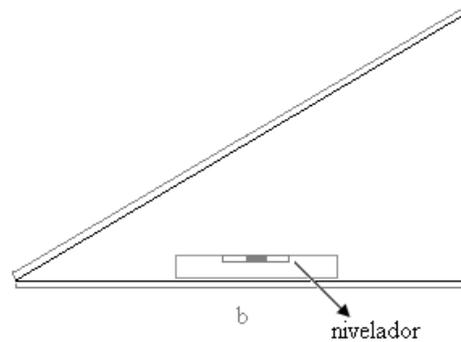
Os ambientes controlados em modelos didáticos simulam as duas microbacias, uma com vegetação (A) e outra sem vegetação (B). A entrada de água foi estudada através de diferentes intensidades de precipitação e as saídas analisadas através do escoamento superficial direto (Qds), fluxo de base (Qbf). Estes processos hidrológicos foram avaliados nos dois ambientes, nos solos com e sem vegetação. Os ambientes controlados foram construídas com caixas de chapas galvanizadas, com calha em "V" na superfície para a coleta do escoamento superficial, e, no fundo da caixa uma camada de 5 cm de brita para drenagem da água na saída do cano de ¾ polegadas; cobertura da brita com sombrite, seguida de camadas de terra até a superfície, simulando os ambientes com e sem vegetação conforme observa-se na Figura 1.



**Figura 1** – Modelo didático de simulação de chuva em ambientes com (CV) e sem vegetação (SV).

## 2.2 Declividade da área (D)

Declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa. A declividade da maquete foi medida em centímetros através do: a) comprimento da hipotenusa, b) altura do cateto oposto com nível e c) cateto adjacente calculado pela aplicação do teorema de Pitágoras onde:  $a^2 = (b^2 + c^2)$ . Onde: D = declividade, %; a = hipotenusa, cm; b = cateto oposto, cm; c = cateto adjacente, cm (Figura 2).



**Figura 2** – Declividade da microbacia hidrográfica

## 2.3 Precipitação (P)

As chuvas foram simuladas a partir dos aspersores de irrigação instalados à 1,5 metros de altura sobre às (microbacias)

ambientes com e sem cobertura vegetal. Os valores obtidos nos três tempos de chuvas em minutos ( $t_1$ ;  $t_2$  e  $t_3$ ) encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Precipitação é a quantidade de chuva medida em pluviômetro a céu aberto na área experimental da microbacia hidrográfica. A quantificação da água foi realizada através da área do recipiente coletor de água da chuva, através da seguinte fórmula:

$$P = \frac{V}{Ap} * 10 = \frac{V}{\frac{\pi * D^2}{4}} * 10mm$$

- onde: P = precipitação da microbacia, mm; V = volume de chuva,  $cm^3$ ; A = área do recipiente,  $cm^2$ .

## 2.4 Intensidade da chuva (I)

A intensidade é a relação entre a precipitação em mm e o tempo em segundos, é calculada através da fórmula (2):

$$I = \frac{P}{t} mm/s$$

- onde: I = Intensidade da chuva, mm/s; P = precipitação, mm; t = tempo, s.

## 2.5 Escoamento superficial direto ( $Q_{ds}$ )

O escoamento superficial é a água que não infiltra no solo e se movimenta na superfície do solo até atingir o corpo d'água mais próximo. O escoamento superficial é calculado através da fórmula:

$$Q_{ds} = \frac{V_{es}}{A_{mb}} * 10mm$$

- onde:  $Q_{ds}$  = escoamento superficial, mm;  $V_{es}$  = volume de água superficial,  $cm^3$ ;  $A_{mb}$  = área da microbacia,  $cm^2$ .

## 2.6 Fluxo de base ( $Q_{bf}$ )

O fluxo de base resulta da água que infiltra e percola ao longo do perfil do solo até atingir o lençol freático. O fluxo de base é calculado através da fórmula (4):

$$Q_{bf} = \frac{V_{bf}}{A_{mb}} * 10mm$$

- onde:  $Q_{bf}$  = escoamento do fluxo de base, mm;  $V_{bf}$  = volume do fluxo de base;  $cm^3$ ;  $A_{mb}$  = área da microbacia,  $cm^2$ .

## 2.7 Vazão, deflúvio, evapotranspiração, armazenamento e balanço hídrico do solo

Estes parâmetros citados acima, componentes do balanço hídrico, não foram estimados devido às suas especificidades no modelo, e, apenas descritos como

informação complementar dos processos hidrológicos da microbacia.

A vazão da microbacia é a somatória do escoamento superficial, do fluxo de base e da precipitação direta nos canais de drenagem. Portanto, a vazão é o resultado dos processos hidrológicos quantificada no vertedor da microbacia em litros por segundo (l/s) ou (m<sup>3</sup>/s).

O deflúvio (q) é um processo de interação do INPUT de água no sistema com a área (A) de contribuição da microbacia, que varia de acordo com suas características e condições fisiográficas, cobertura florestal e manejo. Portanto, o deflúvio (q) é um processo e a vazão (Q) é o resultado deste processo de interação, entre precipitação e condições do ambiente de infiltração da água, resultando na capacidade de produção de água de cada microbacia hidrográfica ao longo do tempo.

Evapotranspiração é a somatória da evaporação que é um fenômeno físico em que a água passa do estado líquido para o gasoso, e, a transpiração um fenômeno biológico onde as plantas liberam água para a atmosfera. No presente trabalho não foi realizado a estimativa de ET. Existem três parâmetros para caracterizá-la: evapotranspiração potencial, real, e de

referencia. Segundo Thornthwaite: evapotranspiração potencial (Etp) e evapotranspiração real (Etr). A evapotranspiração é o máximo de perda de água do solo e da vegetação para atmosfera em forma de vapor. No solo sem restrição de água, estima - se a ETp potencial. No solo com restrição de água, estima - se a ETr real.

As medições indiretas: a) método de Penman: balanço energético e aerodinâmico da superfície; b) Método de Thornthwaite & Mater; c) Evapotranspiração potencial Etp =  $1,6 (10 T/I)^{0,8}$ , em mm. As medições diretas: a) Tanque classe A : evaporação da água; b) Fitômetro: pesagens de vasos com plantas; c) Lisímetro: Caixas impermeáveis com vegetação; d) Balanço hídrico da microbacia, por equação geral do balanço hídrico:  $P - ET - q - \Delta s = 0$  em milímetros (mm). Onde: P = precipitação; ET = evapotranspiração; q = deflúvio; e,  $\Delta s$  = armazenamento da água no solo.

O armazenamento da água no solo é a quantidade de água armazenada no solo são processos associados com a infiltração e evapotranspiração. Existe distintas zonas características de umidade do solo; a zona de aeração ou zona não saturada, que se encontra por cima do nível freático. A

umidade pode estar distribuída em três zonas: a) zona de evapotranspiração, que pode ter desde poucos cm, se não existe vegetação, até vários metros; b) franja capilar, sobre a superfície freática, a água sobe por capilaridade, sua espessura é variável, dependendo da granulometria dos materiais; c) zona de retenção ou intermediária, entre a zona de evapotranspiração e a franja capilar, as vezes inexistente, as vezes de vários metros de espessura.

Balanço hídrico do solo: para estimativa do comportamento hidrológico da zona não saturada pode ser realizado através da quantificação da massa úmida e massa seca, com amostras indeformadas ao longo do perfil do solo. A quantificação e armazenamento de água no solo pode ser calculada através da fórmula:  $\Delta S = (\theta.h).10$

em mm. Sendo:  $\Delta S$  = armazenamento de água no solo (mm);  $h$  = altura do perfil do solo (cm);  $\theta$  = umidade do solo a base de volume do solo ( $\text{cm}^3$  de  $\text{H}_2\text{O}$  /  $\text{cm}^3$  solo).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As microbacias experimentais com e sem vegetação em estudo apresentam uma área de  $1798 \text{ cm}^2$  e a declividade média foi calculada em 11,3% o que caracteriza as unidades de estudo com o relevo ondulado.

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios de volumes de água em ( $\text{cm}^3$ ), precipitação em (mm) e intensidade de precipitação em ( $\text{mm.min}^{-1}$ ) que foram obtidos através das chuvas simuladas em três tempos:  $t_1$ ,  $t_2$  e  $t_3$ , respectivamente com: 2,0; 3,0 e 4,0 minutos.

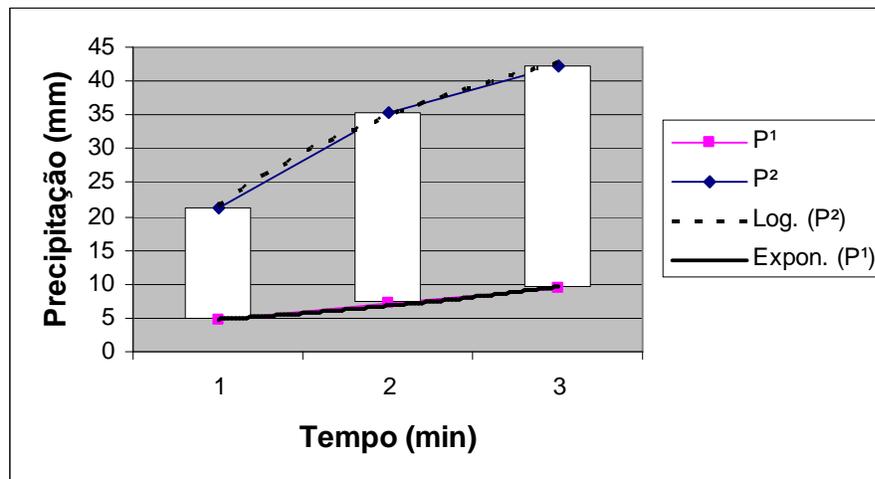
**Tabela 1** – Simulação de chuva baixa e alta intensidade de precipitação

<b>Tempo</b> (min)	<b>V<sup>1</sup></b> ( $\text{cm}^3$ )	<b>P<sup>1</sup></b> (mm)	<b>I<sup>1</sup></b> ( $\text{mm.min}^{-1}$ )	<b>V<sup>2</sup></b> ( $\text{cm}^3$ )	<b>P<sup>2</sup></b> (mm)	<b>I<sup>2</sup></b> ( $\text{mm.min}^{-1}$ )
2,0	10	4,71	2,35	45	21,19	10,60
3,0	15	7,06	2,35	75	35,31	11,77
4,0	20	9,42	2,35	90	42,37	10,60

$V^1$ e $V^2$  = volumes de água da chuva;  $P^1$  e  $P^2$  = precipitações;  $I^1$  e  $I^2$  = intensidades de precipitação.

A relação entre as precipitações ( $P^1$  e  $P^2$ ) e os tempos: 2; 3 e 4 minutos foram lineares como pode ser observar na Figura 3, o que condiz com o processo controlado da vazão de precipitação nos aspersores, que

foram iguais nas simulações de chuvas de baixa intensidade (2,35) mm/minuto e nas chuvas de alta intensidade (10,6) mm/minuto nos três tempos: 2; 3 e 4 minutos.



**Figura 3** – Correlação entre Precipitação e Tempo.

- Precipitação ( $P$ ) em milímetros (mm) e tempo ( $t$ ) em minutos (min) observados e estimados pelas equações: precipitação em baixa intensidade  $P^1 = 3,3957 e^{0,3466 (t)}$ ; apresenta um coeficiente de determinação  $R^2 = 99,07\%$ . Precipitação em alta intensidade  $P^2 = 19,396 \ln(t) + 21,372$ ; com coeficiente de determinação  $R^2 = 99,84\%$ .

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se os valores em volumes de água em  $\text{cm}^3$  e em mm nas várias simulações com intensidades baixa e alta de chuvas, respectivamente obtidos durante os processos hidrológicos ocorridos nas microbacias com vegetação (CV) e sem vegetação (SV). O fluxo de base ( $Q_{bf}$ ) foi superior ao escoamento superficial ( $Q_{ds}$ ) como pode ser observados nas Tabelas 2 e 3, demonstrando que a cobertura vegetal

tem forte influência nos processos de infiltração, retenção de água na zona não saturada do solo e drenagem vertical da água para o reabastecimento do lençol freático. Scheer (2009) constatou que a cobertura vegetal além de assegurar a retenção da água da chuva ainda tem uma forte contribuição na ciclagem de nutrientes, pois, esta acaba carregando minerais das copas das árvores para o solo.

**Tabela 2** – Baixa intensidade de chuva na microbacia com vegetação (CV) e sem vegetação (SV).

Tempo (min)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Qds (cm <sup>3</sup> )		Qbf (cm <sup>3</sup> )		Qt (cm <sup>3</sup> )	
		CV	SV	CV	SV	CV	SV
2,0	10	3	400	451	2	454	402
3,0	15	4	560	550	3	551	561
4,0	20	10	950	1050	4	1060	953

Qds = escoamento superficial; Qbf = fluxo de base; Qt = fluxo total.

**Tabela 3** – Alta intensidade de chuva na microbacia com vegetação (CV) e sem vegetação (SV).

Tempo (min)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Qds (cm <sup>3</sup> )		Qbf (cm <sup>3</sup> )		Qt (cm <sup>3</sup> )	
		CV	SV	CV	SV	CV	SV
2,0	45	100	1800	1430	220	1530	2020
3,0	75	480	2600	3030	430	3510	4030
4,0	90	810	3600	3505	780	4315	4380

Qds = escoamento superficial; Qbf = fluxo de base; Qt = fluxo total.

Observa-se na Tabela 4 que os escoamentos superficiais são baixos em ambiente com vegetação (Qds – CV) nas duas intensidades de chuva, quando comparados com o ambiente sem vegetação (Qds – SV).

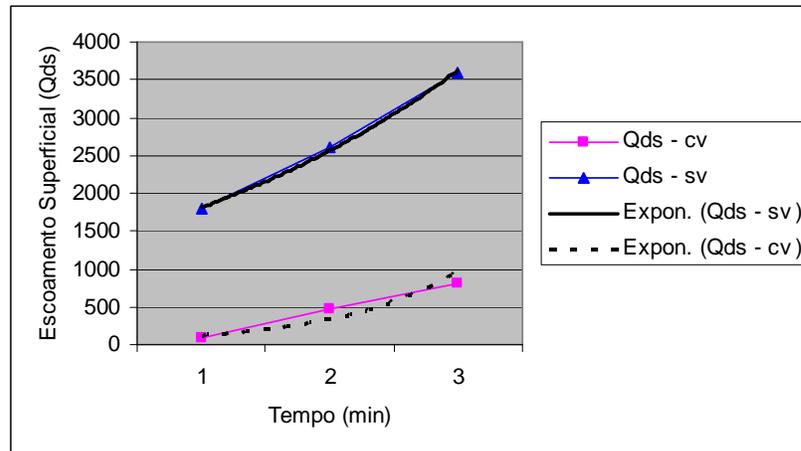
**Tabela 4** – Processos hidrológicos: ambientes com vegetação e sem vegetação

T (min)	P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>		P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>		P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>		P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	
	Qds – CV (mm)		Qds – SV (mm)		Qbf – CV (mm)		Qbf – SV (mm)	
2	0,02	1,00	2,32	10,01	2,61	7,95	0,01	1,22
3	0,03	2,66	3,25	16,02	3,19	16,85	0,02	2,39
4	0,06	4,50	5,51	20,02	6,09	19,49	0,03	4,33

T = tempo; P = precipitação; Qds = escoamento superficial; Qbf = fluxo de base; CV = com vegetação; SV = sem vegetação

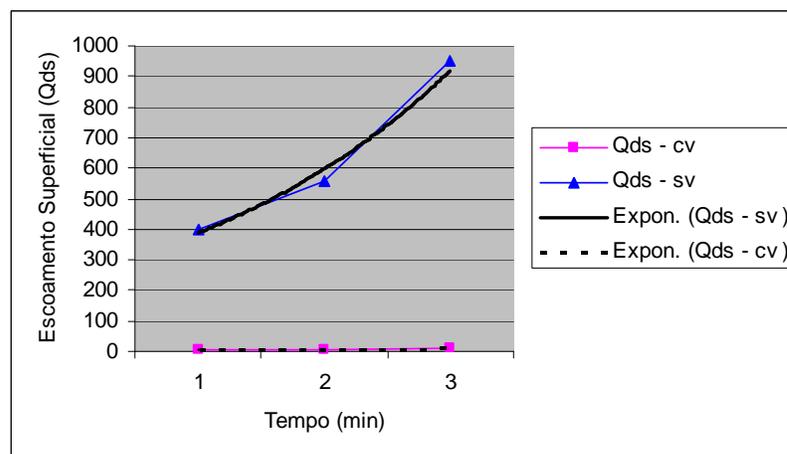
Os resultados dos processos de escoamento superficiais em ambiente com ausência de proteção da vegetação podem ser facilmente visualizados nas Figuras 4 e 5. Já com relação ao fluxo de base os

resultados se invertem apresentado alta infiltração no ambiente com vegetação, resultando em drenagem vertical da água para o reabastecimento do lençol freático, onde observa-se nas Figuras 6 e 7.



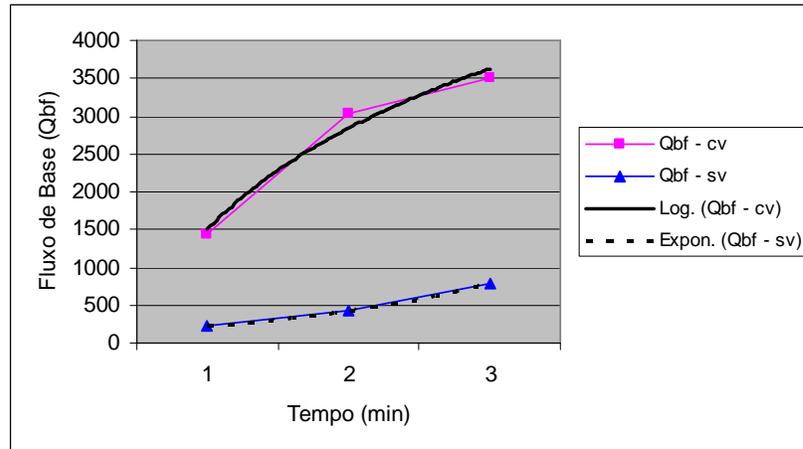
**Figura 4** – Escoamento superficial em (ml) com precipitação de alta intensidade, três tempos em ambientes com vegetação (cv) e sem vegetação (sv).

- Os escoamentos superficiais com precipitações de alta intensidade em três foram estimados pelas equações: escoamento superficial em ambiente sem vegetação ( $Q_{ds} - sv = 1281,8 e^{0,3466 (t)}$ ) com  $R^2 = 99,88\%$ . Escoamento superficial em ambientes com vegetação ( $Q_{ds} - cv = 41,824 e^{1,0459 (t)}$ ) com;  $R^2 = 92,32\%$ .



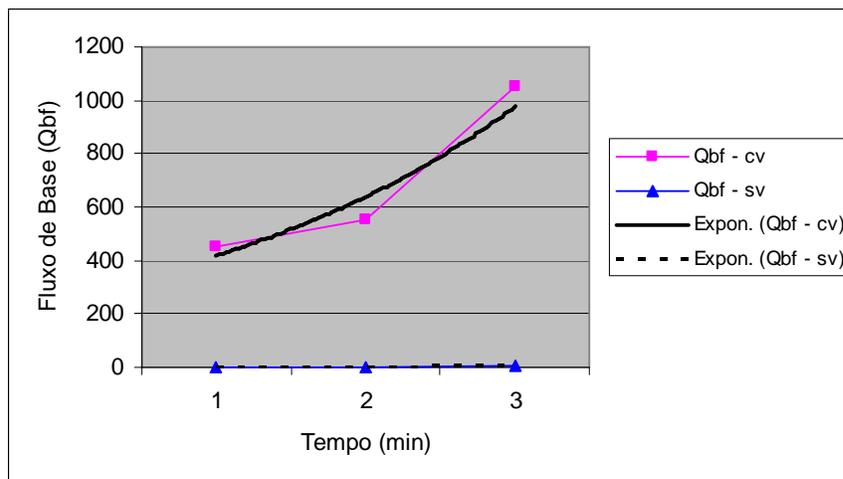
**Figura 5** – Escoamento superficial em (ml) com precipitações de baixa intensidade em três tempos em ambientes com vegetação (cv) e sem vegetação (sv).

- Os escoamentos superficiais com precipitações de baixa intensidade em três foram estimados pelas equações: escoamento superficial em ambiente sem vegetação ( $Q_{ds} - sv = 251,38 e^{0,4325 (t)}$ ) com  $R^2 = 98,38\%$ . Escoamento superficial em ambientes com vegetação ( $Q_{ds} - cv = 1,4787 e^{0,602 (t)}$ ) com;  $R^2 = 91,67\%$ .



**Figura 6** – Fluxo de base em (ml) na precipitação de alta intensidade em três tempos em ambientes com vegetação (cv) e sem vegetação (sv).

- Os fluxos de base com precipitações de alta intensidade foram estimados pelas equações: Fluxo de base em ambientes com vegetação  $(Qbf - cv) = 1933,9 \ln(t)$  com;  $R^2 = 97,67\%$ . Fluxo de base em ambiente sem vegetação  $(Qbf - sv) = 118,3 e^{0,06328(t)}$  com  $R^2 = 99,88\%$ .



**Figura 7** – Fluxo de base em (ml) precipitação de baixa intensidade em três tempos em ambientes com vegetação (cv) e sem vegetação (sv).

- Os fluxos de base com precipitações de baixa intensidade foram estimados pelas equações: Fluxo de base em ambientes com vegetação  $(Qbf - cv) = 274,3 e^{0,4225(t)}$  com;  $R^2 = 91,43\%$ . Fluxo de base ambiente sem vegetação  $(Qbf - sv) = 1,4422 e^{0,3466(t)}$  com  $R^2 = 99,05\%$ .

Os resultados dos escoamentos superficiais diretos foram muito superiores na microbacia sem cobertura vegetal, nas intensidades baixa e alta de chuva nos três

tempos observados, o que demonstram um alto risco de erosão do solo e degradação ambiental. Segundo Santos et. al. (2007) a degradação da microbacia hidrográfica com

ausência de áreas de preservação permanente leva a processos avançados de erosão, logo, além do rebaixamento do nível de água da zona não saturada e do nível freático, ainda existe o problema do assoreamento dos rios e perda do solo. Segundo Nascimento e Chaves (1996) a erosão é a principal causa do empobrecimento do solo, pois com o carregamento de solo, os nutrientes e matéria orgânica da camada superficial são removidos o que, além dos problemas hidrológicos leva a necessidade cada vez maior da utilização de insumos para a agricultura.

O fluxo de base foi muito superior na microbacia com cobertura vegetal em qualquer um dos três tempos observados. Devido ao tempo prolongado de movimentação desta água no solo, a maior proporção do escoamento de base não respondeu rapidamente a primeira precipitação, pois neste caso os resultados de escoamento seriam proporcionais alcançando 16 mm em 4 minutos. O que acontece é que na primeira precipitação de 2,0 minutos o solo e a cobertura vegetal estavam ainda secos, o solo foi saturado com a água lentamente, por isso os valores de escoamento foram inferiores. Já a partir da segunda precipitação (3 minutos) o solo se

saturou de água levando a uma elevação de 16,85 mm em 3 minutos para 19,49 mm em 4 minutos .

Segundo Cardoso *et al.* (2006) e Tonello *et al.* (2006) a declividade tem forte influência nos processos hidrológicos da microbacia hidrográfica, principalmente devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial, por isso quanto maior a declividade maior o escoamento superficial da água das chuvas.

#### **4 CONCLUSÃO**

Com esse estudo concluiu-se que:

- Os processos hidrológicos demonstram que a cobertura vegetal retém a maior parte da água das precipitações através da infiltração, drenagem vertical e percolação, proporcionando ascensão do nível de água da zona não saturada e nível freático aumentando o fluxo de base e a vazão;
- O fluxo de base ( $Q_{bf}$ ) e o armazenamento da água no solo foram superiores nas duas intensidades de precipitação em ambiente de vegetação quando comparado com ambiente a céu aberto;

- O escoamento superficial direto da água das chuvas (Qds) foi alto em ambiente a céu aberto e causando carregamento de solo;
- A manutenção da cobertura vegetal é essencial para diminuir a perda de solos, o desperdício da água e regularizar os processos hidrológicos como a: infiltração, armazenamento e fluxo de base, e minimizar o escoamento superficial direto;
- O grande poder de resposta da vegetação frente às condições do meio, a floresta pode ser observada como a principal produtora dos serviços ambientais na natureza e classificada como elemento capaz de proteger a água e disponibilizá-la nas nascentes.

## 5 REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F.C.S. Influências da Zona Ripária sobre os processos hidrológicos de microbacias. *Manejo de Microbacias Hidrográficas: experiências nacionais e internacionais*. FEPAF, Botucatu, v.1, n.1, p. 37 - 50, 2006.
- CARDOSO, C.A; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B.; MARTINS, S.V. Caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan Nova Friburgo, RJ. *Rev. Árvore*, v.30 n.2 p. 249-256, 2006.
- FERREIRA, A.N.P.; LIMA, C.F.; CARDOSO, F.B.F. E KETTELHUT, J.T. Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2007.
- LIMA, W. P. *Princípios de Hidrologia Florestal para Manejo de Microbacias Hidrográficas*. Piracicaba: Escola superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, USP. 1996, 241p.
- NASCIMENTO, C.W.A. & CHAVES, I.B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha-PB. *Cienc.Rural*, v. 26 n. 3, p.407-412, 1996.
- RODRIGUES, V. A. Controle de enchente e colheita de chuva em microbacia urbana. In: [www.fca.unesp.br/microbacias](http://www.fca.unesp.br/microbacias) 3º Simpósio Internacional em Manejo de Microbacias Hidrográficas: Sustentabilidade da Água e Serviços Ambientais. Faculdade de Ciências Agrônômicas, FCA – UNESP, 2010. Botucatu, São Paulo, Brasil.
- RODRIGUES, V.A., Recuperação de Nascentes em Microbacias da Cuesta de Botucatu. *Manejo de Microbacias Hidrográficas: experiências nacionais e internacionais*. FEPAF, Botucatu, v.1, n.1, p. 5 - 27, 2006.
- RODRIGUES, V. A. Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: ANAIS, WORKSHOP EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Cunha, SP. **Workshop em manejo de bacias hidrográficas**. Botucatu. Unesp. FCA, 2004. p.7 - 18.
- SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A. P.S.; MACEDO, M.N.C. Análise hidrológica

e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG.  
*Rev.Árvore*, v.31 n.5 p. 931-940, 2007.

SCHEER , M. B. Fluxo de nutrientes pela precipitação pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaraqueçaba, Paraná. *Floresta*, v.39 n.1 p. 117-130, 2009.

TONELLO, K. C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.S. e LEITE, F.P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira da Pombas, Guanhões-MG. *Rev.Árvore*, v.30 n.5 p. 849-857, 2006.