

RELAÇÕES ENTRE A PRECIPITAÇÃO E OS ESCOAMENTOS TOTAL,
DIRETO E DE BASE EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL,
NA REGIÃO DA SERRA DO MAR, CUNHA-SP*

Valdir de CICCÒ**
Francisco Carlos Soriano ARCOVA**
Sebastião Fonseca CESAR**
José Luiz de CARVALHO**
Motohisa FUJIEDA***

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados sobre relações entre a precipitação e o deflúvio e seus componentes, obtidos na bacia hidrográfica experimental "D", do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng^o Agr^o Walter Emmerich, para um período de sete anos. O escoamento total máximo ocorreu de janeiro a março, correspondendo ao período de recarga da bacia; todavia, o fluxo total durante os meses de maio a agosto foi superior à precipitação. Oitenta e quatro por cento do tempo do escoamento total diário deveu-se ao escoamento de base. O escoamento total médio diário para o período foi de 4,69 mm, equivalendo a 34,5% do tempo. Verificou-se que o fluxo de base foi afetado pela precipitação que ocorreu com até dois meses de antecedência.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; deflúvio; Mata Atlântica; precipitação.

1 INTRODUÇÃO

O Parque Estadual da Serra do Mar possui uma superfície de 309.938,00 ha, abrangendo vários municípios do Estado de São Paulo, constituindo-se portanto em um espaço representativo de um dos ecossistemas naturais mais importantes: a Mata Atlântica. Para o manejo racional da área, torna-se imprescindível o conhecimento das interações ocorrentes no sistema água-solo-planta-atmosfera.

Visando esses aspectos, existe a necessidade do conhecimento dos componentes do ciclo hidrológico em bacias hidrográficas com cobertura florestal característica da região.

Para avaliar os processos hidrológicos

ABSTRACT

This paper reports results about rainfall and runoff and their constituents, obtained in the "D" experimental watershed of the Forest Hydrology Laboratory Eng^o Agr^o Walter Emmerich, in the Serra do Mar - Cunha, São Paulo-Brazil, for a period of seven years. The highest total runoff happened between January and March, that corresponds at the basin period of recharge; nevertheless, the total streamflow during May to August was higher than rainfall. Eighty-four percent of the time of daily total runoff happened due the baseflow. The middle daily total runoff in the period was 4.69 mm, equivalent to 34.5% of the time. The baseflow was affected by rainfall happened until two months before.

Key words: watershed; streamflow; tropical rainforest; rainfall.

de uma bacia hidrográfica são necessárias análises das relações entre a precipitação e os componentes do deflúvio.

O objetivo deste estudo é determinar algumas das características apresentadas pelo deflúvio da bacia hidrográfica "D", do Laboratório de Hidrologia Florestal Eng^o Agr^o Walter Emmerich, por intermédio da análise das relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base no intervalo de 1983 a 1989, compreendendo um período de sete anos.

Alguns dos resultados ora apresentados foram exibidos anteriormente por CICCÒ & FUJIEDA (1992) e FUJIEDA *et al.* (1993).

(*) Aceito para publicação em maio de 1995.

(**) Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970, São Paulo, SP, Brasil.

(***) Forestry and Forest Products Research Institute, P.O. Box 16, Tsukuba Norin Kenkyu, Danchi-Nai, Ibaraki, 305, Japan.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em estudos hidrológicos envolvendo razão do escoamento nos rios é necessário distinguir os componentes do deflúvio total. Isto é feito dividindo as hidrógrafas observadas em escoamentos direto e de base, analisando antes a relação entre precipitação e escoamento, determinando a forma característica das hidrógrafas da bacia, ou estudando condições de seca (LINSLEY *et al.*, 1975).

Conforme HEWLETT & NUTTER (1969) a hidrógrafa é a curva resultante do deflúvio com o tempo, sendo que fatores inerentes a bacia e fatores associados ao clima controlam sua forma.

Segundo LEE (1980) o deflúvio representa a descarga total da bacia, correspondendo àquela parte da precipitação não perdida por evaporação e transpiração. O deflúvio é geralmente classificado como escoamento direto e escoamento base. A separação destes componentes é arbitrária, independentemente da metodologia utilizada, porém, fazendo-a de forma consistente e sistemática revela-se numa realidade prática de grande valia (HIBBERT & TROENDLE, 1988).

REINHART & PIERCE (1964) destacam que as pesquisas desenvolvidas em bacias hidrográficas experimentais têm mostrado que o uso do solo e os diversos tratamentos aplicados afetam tanto a quantidade do deflúvio produzido quanto o regime de vazão das bacias. Em certas situações, a quantidade de água do deflúvio pode aumentar pelo manejo da vegetação, ou em outras condições, os picos de fluxo podem ser reduzidos.

Um instrumento bastante útil para o estudo de características do deflúvio é a curva de duração de fluxo, que consiste de uma curva de frequência cumulativa que apresenta o percentual de tempo que descargas específicas são igualadas ou excedidas durante um dado período (CHANG, 1982).

FRANKEN & LEOPOLDO (1986/87) estudaram as relações entre fluxos de água subterrânea e superficial em uma bacia hidrográfica

de 1,3 km², localizada na Reserva Florestal Duce a 30 km de Manaus, com floresta amazônica do tipo "Terra Firme". Os resultados obtidos mostraram que, em termos médios, o escoamento total do igarapé representou 32,3% da chuva, dos quais apenas 2,8% se deram na forma de escoamento direto, implicando numa evapotranspiração da ordem de 67,7% do total precipitado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica experimental "D" tem 56,04 ha e está localizada no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, São Paulo, no Laboratório de Hidrologia Florestal Eng^o Agr^o Walter Emmerich; latitude 23°13' S e longitude 45°01'W Gr., conforme FIGURA 1. Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa; clima mesotérmico de inverno seco com temperaturas inferiores a 18° C no inverno e superiores a 22° C no verão. A temperatura média anual é de 16,5° C (JICA, 1980). A precipitação média obtida no posto meteorológico é 2.391,0 mm, com 71% ocorrendo na estação chuvosa, de outubro a março (JICA, 1986).

A área é revestida por vegetação de Mata Atlântica, disposta sobre rochas graníticas do período pré-cambriano. Os solos são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo fase rasa (FURIAN & PFEIFER, 1986).

O manto do solo é composto de um horizonte A com matéria orgânica até 30 cm de profundidade e um horizonte B, com concentração de sesquióxidos que varia de 70 a 200 cm de profundidade (CARVALHO *et al.*, 1992).

Uma estação fluviométrica de concreto, com canal trapezoidal de 20 metros de comprimento e um tanque de sedimentação, foram construídos na bacia hidrográfica. Registrou-se a altura da lâmina de água do deflúvio por intermédio de um linígrafo automático com diagrama mensal. Os dados obtidos em centímetros foram transformados em litros por segundo, através da curva-chave desenvolvida por CICCO *et al.* (1987).

CICCO, V. de *et al.* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

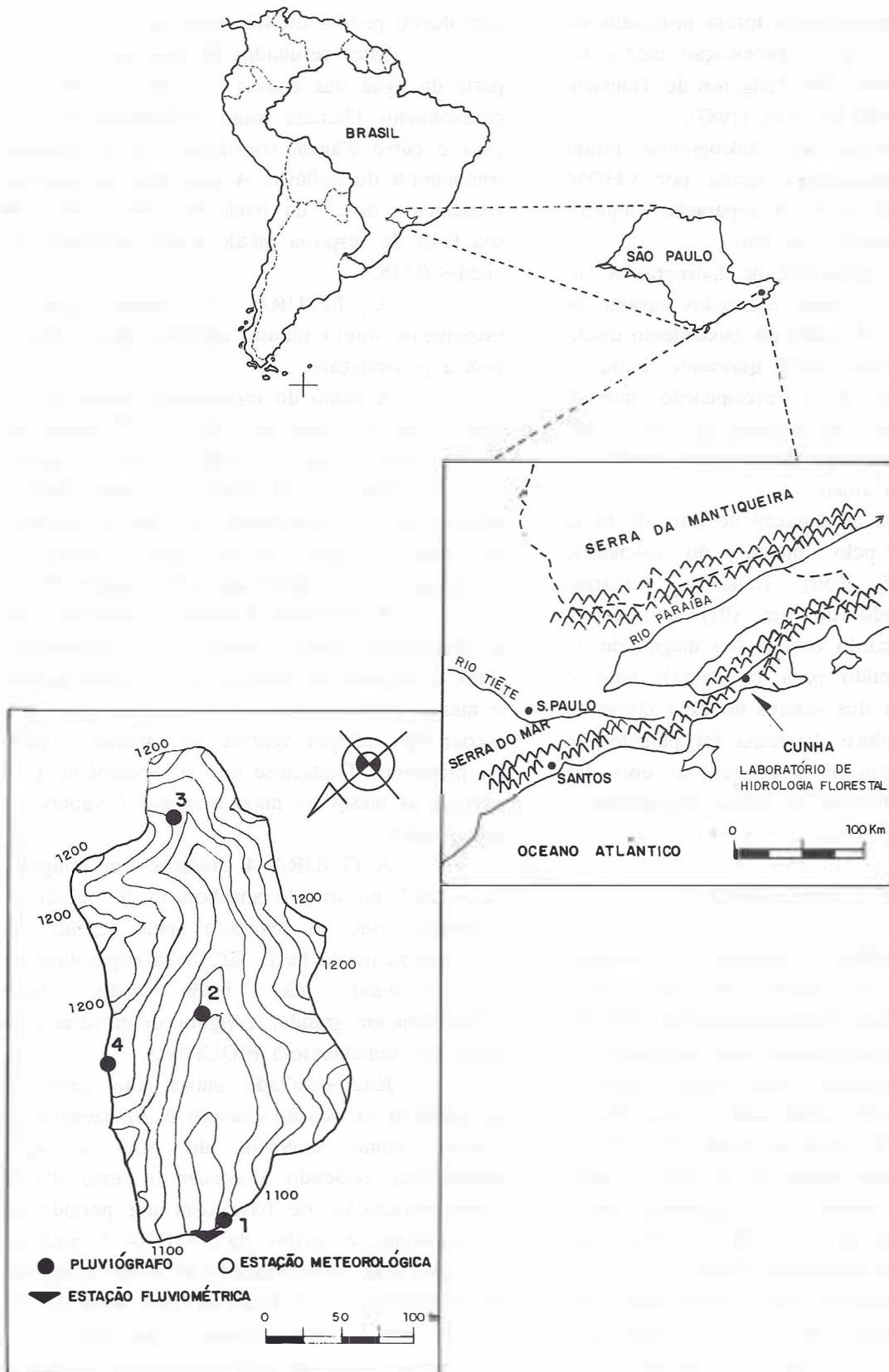


FIGURA 1 - Localização do laboratório de hidrologia florestal e mapa planialtimétrico da bacia hidrográfica experimental "D" - Cunha.

CICCO, V. de et al. Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

Quatro pluviógrafos foram instalados na área (FIGURA 1) e a precipitação média foi calculada pelo método dos Polígonos de Thiessen, conforme SHIMOMICHI *et al.* (1987).

As análises dos hidrogramas foram feitas segundo metodologia citada por CHOW (1964), a qual baseia-se na separação empírica dos escoamentos direto e de base.

Foram utilizados os hidrogramas de todos os eventos chuvosos registrados durante os sete anos hídricos. A razão do escoamento direto mensal foi calculada pelo quociente entre o escoamento direto e a precipitação mensal. Calculou-se o fator de resposta da bacia pela razão entre o escoamento direto médio anual e a precipitação média anual.

A curva de duração de fluxo da bacia foi determinada pelo "método do calendário anual" (SEARCY, 1959). Todas as descargas diárias do período de um (01) ano foram classificadas de acordo com a sua magnitude. O processo foi repetido para os demais anos e obteve-se a média dos valores de cada classe de magnitude. Um bloco diagrama foi plotado em papel semi-log com as descargas no eixo das ordenadas e o percentual de tempo nas abscissas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A FIGURA 2 apresenta a distribuição da frequência do escoamento total médio diário da bacia "D". Para aproximadamente 84% do tempo a curva constituiu-se num segmento de reta, com uma inclinação suave, o que caracteriza o fluxo como sendo influenciado principalmente pelo escoamento de base da bacia. Os 16% do tempo restante estão associados a uma curvatura acentuada e a valores de escoamento diário elevados, indicando que estes fluxos devem-se, na sua maior parte ao escoamento direto.

O escoamento total médio diário para o período de sete anos foi 4,69 mm, que equivale a 34,5% do tempo do escoamento. A mediana do escoamento total diário é 3,83 mm, equivalendo a 50% do tempo de escoamento e

com desvio padrão de 4,25 mm/dia.

Estes resultados indicam que a maior parte da água das chuvas é retida no solo e é gradualmente liberada como escoamento de base para o curso d'água, constituindo-se no principal componente do deflúvio. A tendência do reduzido escoamento direto da bacia é corroborada pelo seu fator de resposta médio anual, calculado em apenas 0,115.

A FIGURA 3 mostra que o escoamento direto mensal aumenta gradualmente com a precipitação.

A razão do escoamento direto para a estação chuvosa varia de 0,018 a 0,579, média de 0,095, enquanto para a estação seca a mesma varia de 0,00 a 0,128, média de 0,044. Para o período chuvoso observa-se uma grande variação da razão, contudo, em condições normais de precipitação estes valores não ultrapassam 10%.

A FIGURA 4 mostra a relação entre a precipitação média mensal e o escoamento total. O escoamento máximo ocorre entre janeiro e março, período este de recarga da bacia, e o escoamento mínimo aparece no inverno e início da primavera. Destaca-se que o escoamento total durante os meses de maio a agosto é superior à precipitação.

A FIGURA 4 descreve um polígono, "loop line", no sentido anti-horário de outubro a setembro, que é causado pelo efeito de armazenamento da bacia "D". Se a capacidade de armazenamento da bacia não fosse suficientemente grande, a figura descreveria uma linha reta semelhante à FIGURA 3.

Este resultado indica que parte da precipitação na estação chuvosa é armazenada no regolito como umidade do solo e água subterrânea, podendo abastecer o curso d'água como escoamento de base com um período de retardamento. A análise da FIGURA 5 confirma esta evidência. Observando-se as séries temporais da precipitação e do fluxo de base mensal para os sete anos hídricos, constata-se que pode haver um razoável hiato de tempo entre o escoamento de base e a precipitação que o gerou, notadamente nos períodos de maior pluviosidade.

CICCO, V. de *et al* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

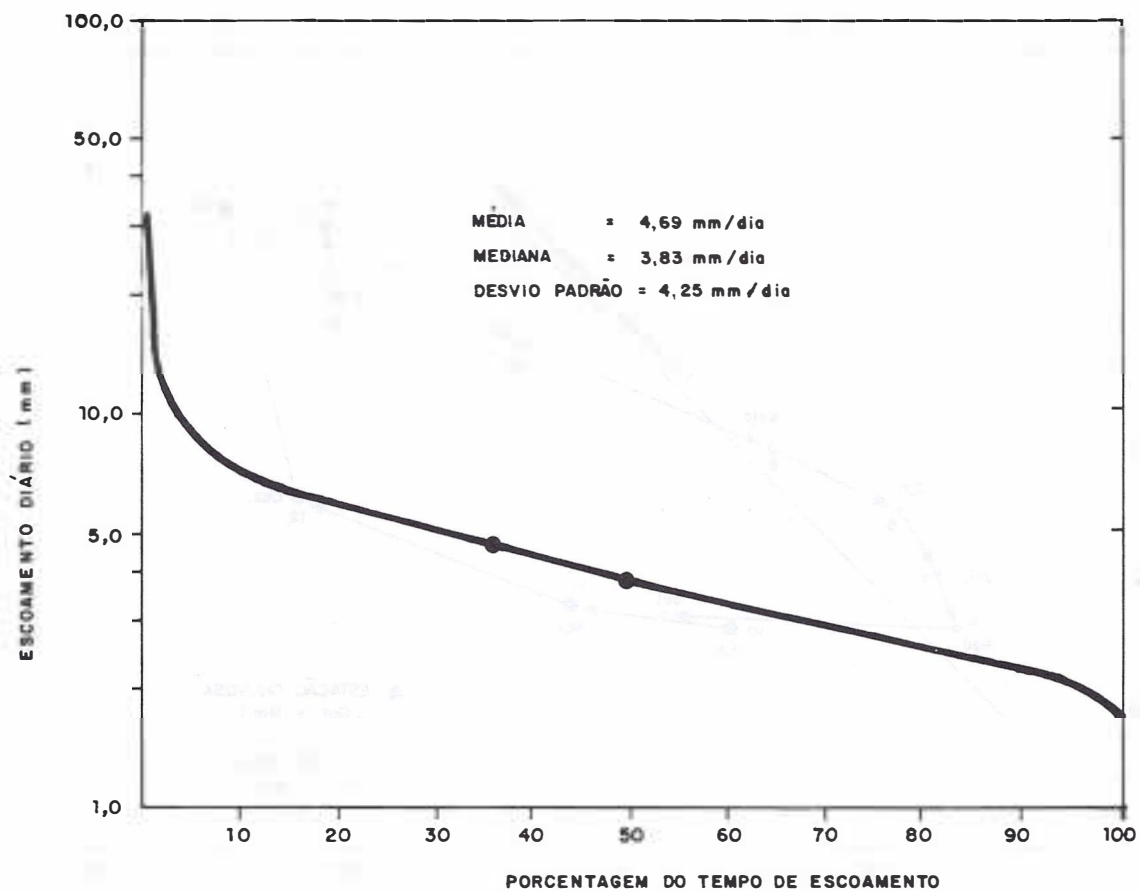


FIGURA 2 - Curva de duração de fluxo do deflúvio diário médio da Bacia "D".

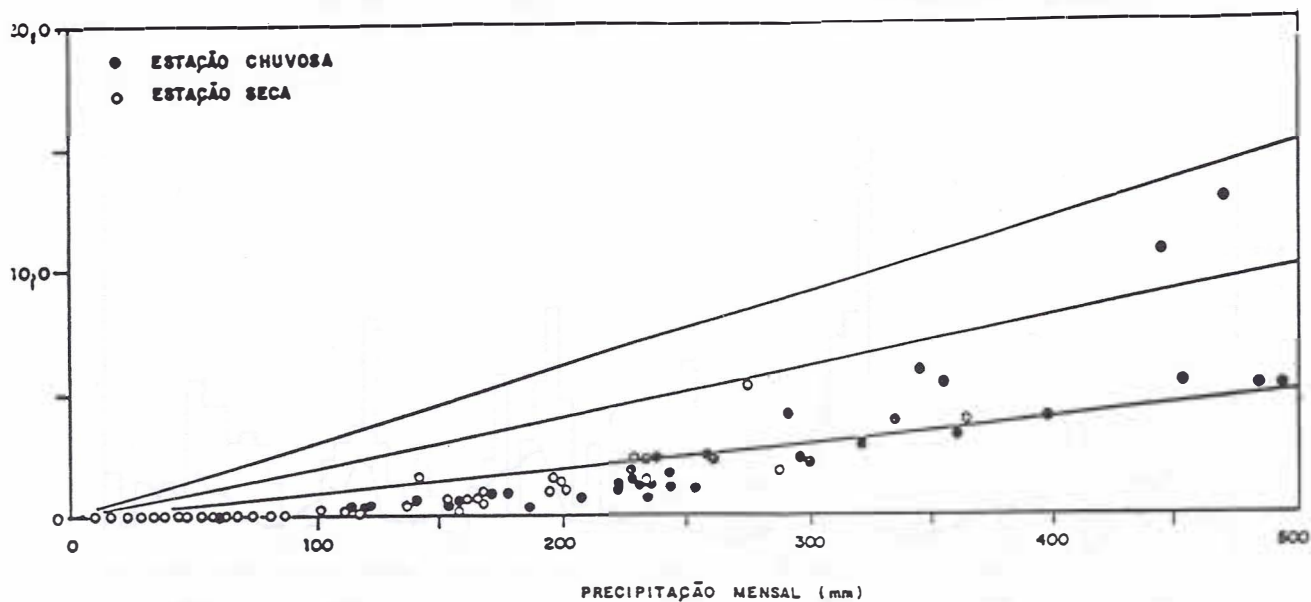


FIGURA 3 - Relação entre a precipitação e o escoamento direto mensal.

CICCO, V. de *et al.* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

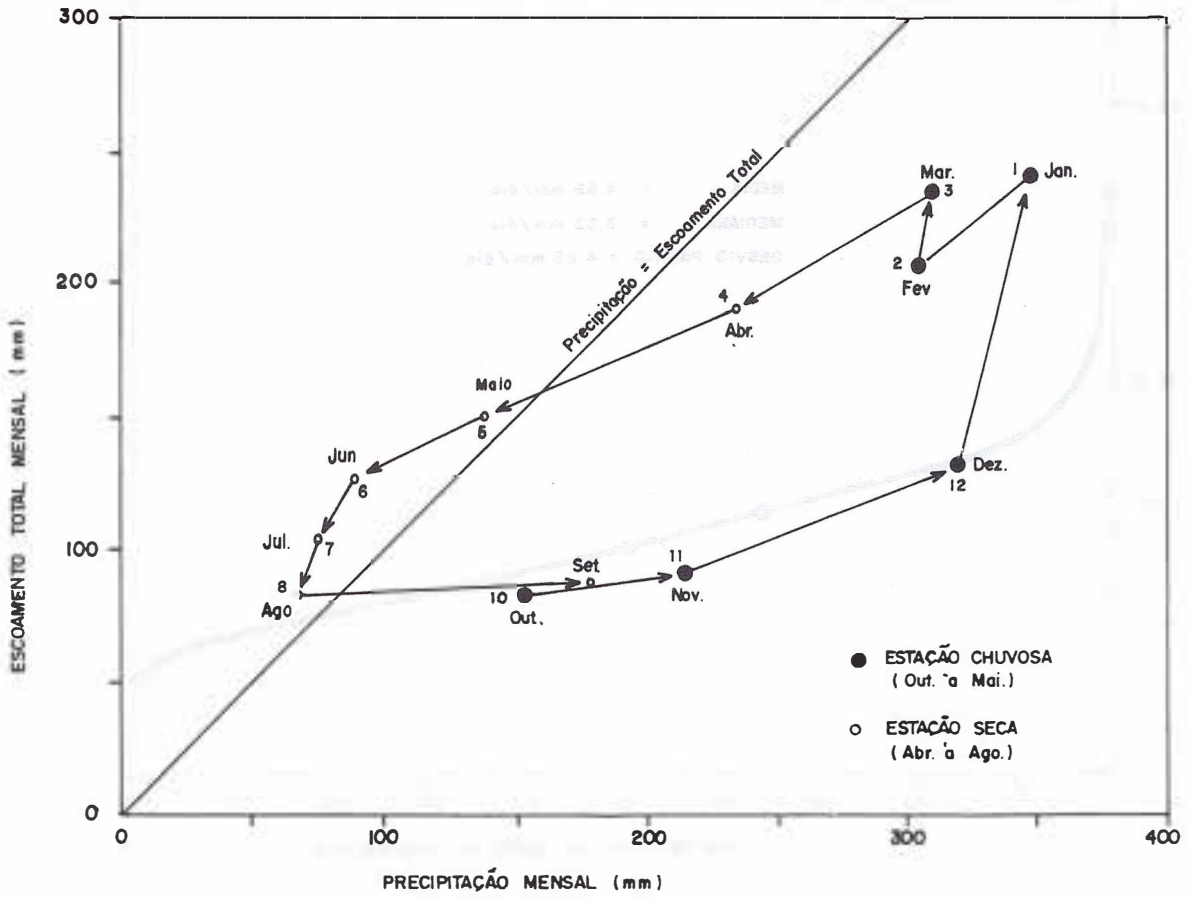


FIGURA 4 - Relação entre a precipitação média mensal e escoamento total mensal.

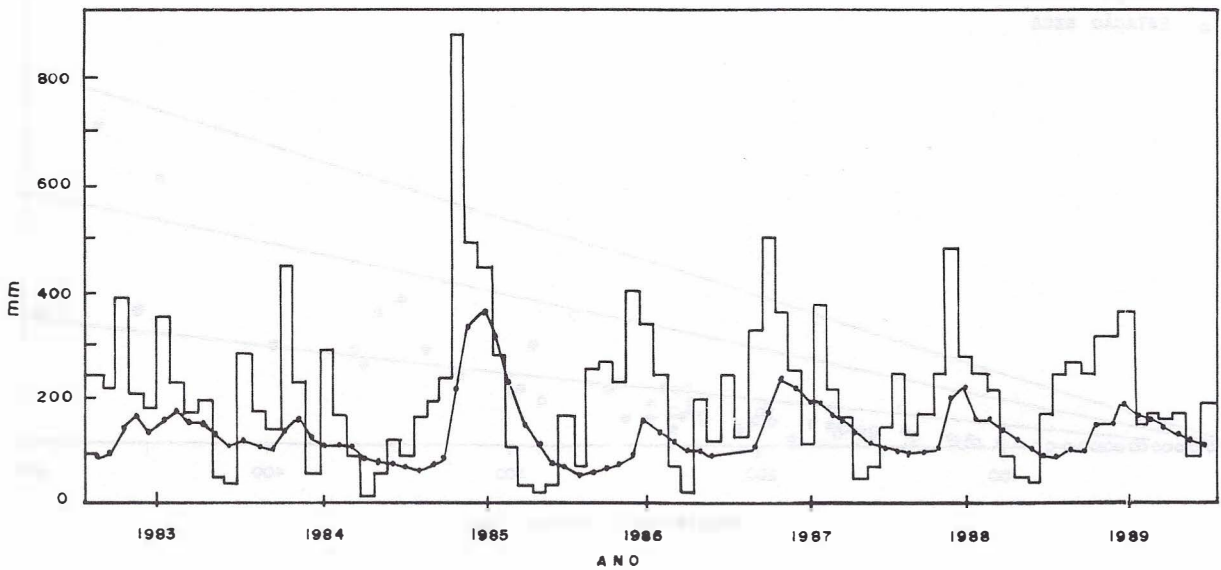


FIGURA 5 - Série temporal da precipitação e do escoamento de base mensal.

CICCO, V. de *et al.* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

O escoamento de base pode ser influenciado pela precipitação ocorrida até 2 meses antes da saída da água no canal principal da bacia como fluxo lento.

5 CONCLUSÕES

- a) o escoamento diário médio da bacia hidrográfica "D" foi de 4,69 mm;
- b) o escoamento de base é o principal componente do deflúvio diário e representa 84% de todo o tempo de fluxo da bacia;
- c) há um período de retardamento de até dois meses entre a precipitação mensal e o escoamento de base da bacia.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Desenvolvimento Florestal da "Japan International Cooperation Agency" (JICA) pelo apoio e motivação dados às pesquisas realizadas no âmbito do Instituto Florestal de São Paulo e ao "Forestry and Forest Products Research Institute - Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries - Japan", que participaram no projeto como contraparte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J. L., CICCO, V. de & FUJIEDA, M. 1992. Algumas propriedades físicas dos solos da bacia hidrográfica "D" no Núcleo Cunha. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo - SP, mar./abr.29-3, 1992. *Anais... Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, 4:753-759. Pt. 3. (Edição Especial)
- CHANG, M. 1982. *Laboratory notes; forest hydrology*. The School of Forestry, Stephen F. Nacogdoches, Austin State University. 203p.
- CHOW, V. T. 1964. Runoff. In: CHOW, V. T. (eds.). *Handbook of applied hydrology*. U.S.A., McGraw-Hill Book Company. p. 1-54.
- CICCO, V. de; EMMERICH, W. & FUJIEDA, M. 1987. Determinação da curva-chave do vertedouro da bacia hidrográfica experimental "D" do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 41(1):79-96.
- _____. & FUJIEDA, M. 1992. Pesquisa de manejo de bacias hidrográficas em São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo - SP, mar./abr.29-3, 1992. *Anais... Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, 4:808-816. Pt. 3. (Edição Especial)
- FRANKEN, W. & LEOPOLDO, P. R. 1986/87. Relações entre fluxos de água subterrânea e superficial em bacia hidrográfica caracterizada por cobertura florestal amazônica. *Acta Amazônica*, Manaus, 16/17(único):253-262.
- FUJIEDA, M.; KUDOH, T. & MASHIMA, Y. 1993. Hydrological processes in the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. In: *Hydrology of warm humid regions*. Proceedings of the Yokohama Symposium, 1993, July, Yokohama, IAHS. p. 43-51. (Publ. n° 216)
- FURIAN, S. M. & PFEIFER, R. M. 1986. Levantamento de reconhecimento do meio-físico do Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 40(2):183-193.
- HEWLETT, J. D. & NUTTER, W. L. 1969. *An outline of forest hydrology*. The University of Georgia Press - Athens. 137p.
- HIBBERT, A. R. & TROENDLE, C. A. 1988. Streamflow generation by variable source area. In: SWANK & CROSSLEY JR. (eds.). *Forest hydrology and ecology at Coweeta*. New York, Springer - Verlag. 469p. (Ecological Studies, 66)
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY - JICA. 1980. *Report of implementation design survey on the Japanese technical cooperation project for the forestry research in São Paulo, Brazil*. 284 p.
- _____. 1986. *Synthetic report of the Japanese technical cooperation for the forestry research in São Paulo, Brazil*. 555p.

CICCO, V. de *et al.* Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da Serra do Mar, Cunha-SP.

LEE, R. 1980. *Forest hydrology*. New York, Columbia University Press. 349p.

LINSLEY JR, R. K.; KOHLER, M. A. & PAULHUS, J. L. H. 1975. *Hydrology for engineers*. 2.ed. U.S.A., McGraw-Hill Book Co. 482p.

REINHART, K. G. & PIERCE, R. S. 1964. Stream-gaging stations for research on small watersheds. U. S. Dept. Agr. Handb. 268. 37p.

SEARCY, J. K. 1959. Flow-duration curves. Manual of hydrology; low-flow techniques. Washington, Geological Survey. Pt. 2.

SHIMOMICHI, P. Y.; CICCO, V. de; ARCOVA, F. C. S. & FARIA, A. J. 1987. Correlação entre métodos de cálculo de precipitação média mensal em bacia hidrográfica experimental. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 41(1):1-16.