

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM BACIA HIDROGRAFICA COM  
FLORESTA NATURAL SECUNDARIA DE MATA ATLANTICA - SAO PAULO.\*

Valdir de CICCO\*\*  
Francisco Carlos Soriano ARCOVA\*\*\*  
Pedro Yoichi SHIMOMICHI\*\*\*

RESUMO

No periodo de outubro de 1984 a setembro de 1985, estimou-se a evapotranspiração na bacia hidrográfica experimental "D" com cobertura florestal natural secundária, no Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo - Brasil). Os objetivos foram avaliar a relação precipitação-escoamento no ano hidrico 1984/85, estimando a evapotranspiração e correlacionando o balanço hidrico desse período com os realizados anteriormente. Para uma precipitação de 3.040,4 mm, o escoamento total foi 2.722,4 mm e a evapotranspiração 318,0 mm, correspondendo a 89,54 % e 10,46 % da precipitação total, respectivamente. Os escoamentos, superficial direto e de base, foram 748,9 mm e 1.973,5 mm, respectivamente.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, balanço hidrico, evapotranspiração, precipitação, escoamento total.

ABSTRACT

In the period from October, 1984 to September, 1985, the evapotranspiration in the experimental watershed "D" with natural secundary forest cover, was evaluated; in the "Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha". (São Paulo - Brazil). The objectives were the evaluating of relation rainfall - runoff in the water year 1984/85, estimating the evapotranspiration and correlating the water balance of that period with the realized before. For one rainfall of 3,040.4 mm, the total runoff was 2,722.4 mm and the evapotranspiration was 318.0 mm, corresponding with 89.54 % and 10.46 % of the total rainfall, respectively. The annual direct runoff and annual base runoff were 748.9 mm and 1,973.5 mm, respectively.

Key words: watershed, water balance, evapotranspiration, rainfall, runoff.

(\*) Aceito para publicação em agosto de 1989.

(\*\*) Instituto Florestal - Caixa Postal 1322 - 01051 - São Paulo - SP. Bolista do CNPq.

(\*\*\*) Fundação para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo - Caixa Postal 1322 - 01051 - São Paulo - SP.

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

## 1. INTRODUCTION

Estudos em pequenas bacias hidrográficas com cobertura florestal natural no Brasil são recentes. Por outro lado, em outros países constitui-se em uma prática comum de trabalho, pois estas podem ser consideradas como unidades naturais para análise de ecossistemas e dos efeitos da intervenção do homem sobre os mesmos.

Por vários anos o homem tem feito observações casuais sobre a relação entre a floresta e a água, porém, só recentemente, tem se preocupado com outros aspectos de engenharia como no controle e transporte de água, HIBBERT (1967).

Este é o terceiro trabalho na determinação do balanço hídrico na bacia hidrográfica experimental "D", no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha-SP, como parte do Programa Manejo de Bacias Hidrográficas Experimentais do Instituto Florestal, cujos objetivos são os de avaliar a relação precipitação-escoamento no ano hídrico 1984/85, estimando a evapotranspiração, e correlacionar o balanço hídrico desse período com os realizados anteriormente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica experimental "D" está implantada no Laboratório de Hidrologia Florestal Engº Agrº Walter Emmerich, no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, São Paulo. Sua área é de 56,04 ha e localiza-se entre as coordenadas geográficas 23º13'28" de latitude sul e 45º02'53" de longitude oeste.

Os dados do "sítio" foram fornecidos anteriormente por EMMERICH et alii (1982) e CICCO et alii (1985a).

Pelo método dos Polígonos de Thiessen, segundo PINTO et alii (1976), obteve-se a precipitação média da bacia hidrográfica, por meio de quatro pluviógrafos eletromecânicos da NAKAASA, modelo B-400, FIGURA 1. Os dados foram obtidos por SHIMOMICHI et alii (1987).

Os dados de deflúvio (R) foram obtidos através de um linígrafo automático da NAKASA, modelo WR-11 Z, FIGURA 2, instalado em um canal trapezoidal de 0,90 m de base menor e declividade das paredes de 45°, FIGURA 3. Os dados do linígrafo em centímetros foram convertidos em litros por segundo, por meio da curva-chave obtida por CICCO et alii (1987), expressa abaixo:

$$Q = 2.9148 \text{ H} \dots \dots \dots \quad (1)$$

Nesta equação  $H$  representa a altura da lâmina

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.



FIGURA 1 - Vista do pluviógrafo eletromecânico modelo B-400.

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

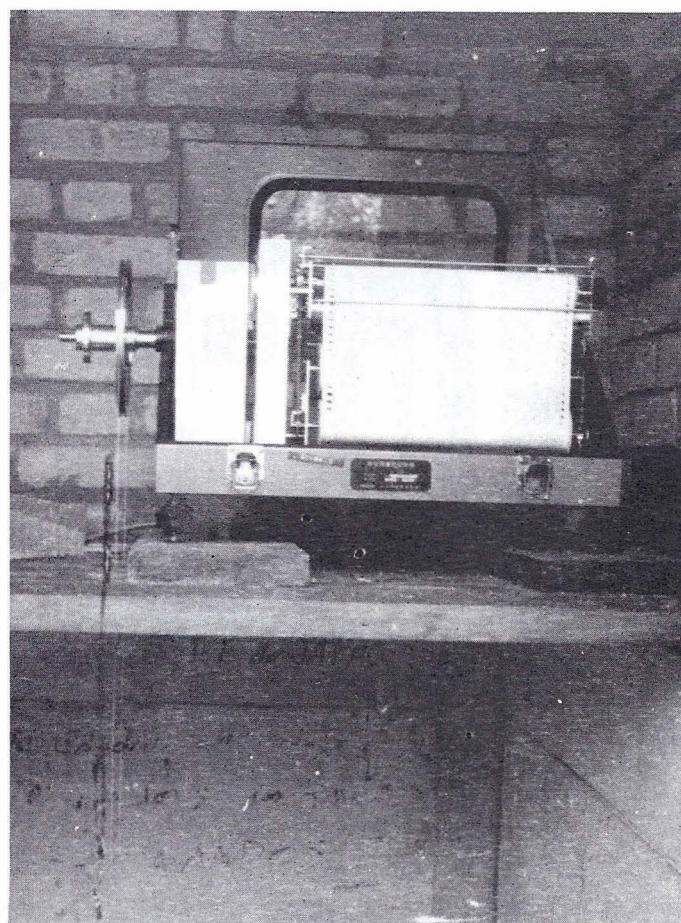


FIGURA 2 - Vista do linígrafo automático modelo WR-11 Z.

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.



FIGURA 3 - Vista geral do canal trapezoidal.

d'água em cm, e Q a vazão junto à saída da bacia em l/s. Empregou-se a área da bacia para transformar os dados em mm.

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

Para a estimativa da evapotranspiração da bacia hi-

drográfica experimental "D", utilizou-se a seguinte equação:

onde,

ET = evapotranspiração total  
em mm;  
P = precipitação média total  
em mm, e  
R = deflúvio (escoamento su-  
perficial) total em mm.

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 01/10/84 a 30/09/85 obteve-se os dados necessários para a estimativa da evapotranspiração na bacia hidrográfica experimental "D".

A precipitação para o período foi atípica, da ordem de 3.040,4 mm, enquanto a média está compreendida entre 2.000,0 e 2.500,0 mm anuais, segundo dados obtidos desde 1981, no posto meteorológico do Núcleo. Verifica-se pela TABELA 1, os dados de precipitação nos quatro pluviógrafos e a precipitação média (Thiesen).

A FIGURA 4 apresenta a distribuição mensal da precipitação pluviométrica no período, em comparação com resultados dos anos hidricos de 1982/83 e 1983/84. Verifica-se os altos valores para as precipitações concentradas no período de janeiro a abril de 1985, acarretando com isso um índice anual superior em relação aos anos anteriores.

Os valores mensais do escoamento superficial direto, escoamento base e escoamento superficial total podem ser verificados na TABELA 2.

Em função da alta precipitação no período, o escoamento superficial total foi elevado, da ordem de 2.722,4 mm, correspondendo a 89,54 % da precipitação total. No período de janeiro a abril de

1985 os escoamentos superficial direto e total, foram extremamente altos, sendo de 723,5 mm e 1.928,2 mm, respectivamente.

A FIGURA 5 apresenta as relações precipitação-escoamentos superficial direto, de base e total.

O escoamento superficial direto no mês de janeiro foi de 513,7 mm, correspondendo a 70,96 % do escoamento superficial total do mesmo período, e a partir de março até agosto, o volume de água que drenou a bacia foi maior do que a entrada de água via precipitação.

A FIGURA 6 mostra a distribuição mensal do escoamento superficial total no período, em comparação com valores dos anos hidricos de 1982/83 e 1983/84.

O elevado índice pluviométrico concentrado nos três primeiros meses de 1985, provocou altas taxas de escoamento superficial direto, principalmente, pela diminuição da interceptação das águas de chuva pela vegetação, consequentemente, facilitando a penetração pelo dossel e atingindo o piso florestal. Nos anos hidricos 1982/83 de junho a setembro e em outubro de 1983/84 o alto valor do escoamento superficial direto está diretamente associado com as altas precipitações. LIMA (1987) cita que "... a cobertura florestal da bacia hidro-

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

TABELA 1 - Valores de precipitação nos pluviógrafos n°s 01, 02, 03, e 04 e precipitação média (Thiessen).

ANO	MES	PLUVIÓGRAFOS (mm)				PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)
		n°01	n°02	n°03	n°04	
1984	OUT	148,5	160,0	171,5	144,5	158,3
	NOV	182,5	195,0	199,8	167,5	187,7
	DEZ	245,5	240,6	230,8	208,7	233,9
1985	JAN	907,0	879,7	899,5	883,4	887,0
	FEV	529,5	479,0	471,5	493,1	486,1
	MAR	483,5	429,0	465,5	431,5	446,2
	ABR	289,0	275,0	275,0	255,0	273,8
	MAI	104,5	103,0	101,0	94,0	101,2
	JUN	28,5	27,0	26,5	24,5	26,7
	JUL	16,5	17,0	17,0	15,5	18,6
	AGO	56,0	56,8	53,0	53,5	55,1
	SET	164,0	174,0	174,5	158,5	167,8
	TOTAL	3.155,0	3.036,1	3.085,6	2.929,7	3.040,4

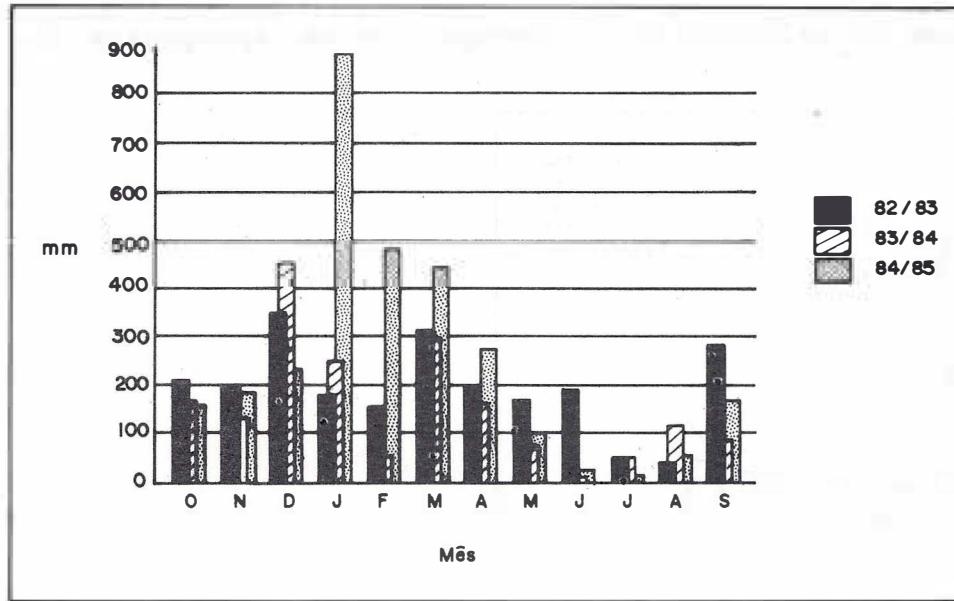


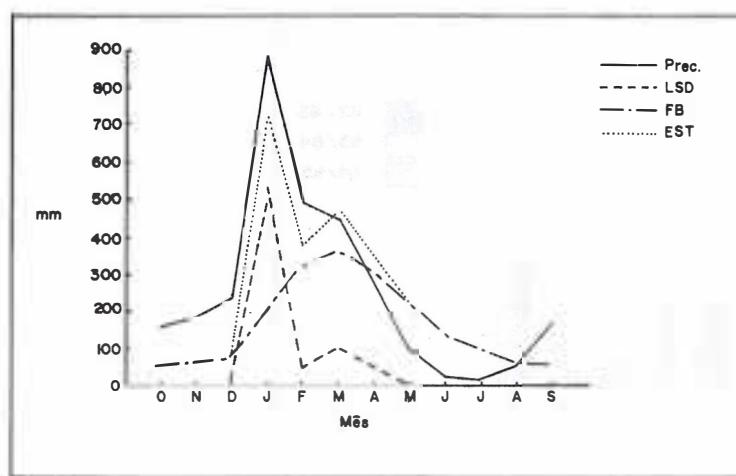
FIGURA 4 - Distribuição mensal da precipitação para os anos hidráticos 1982/83, 1983/84 e 1984/85.

CICCO, V. de et alli. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

**TABELA 2** - Valores absolutos dos escoamentos superficial direto, base e total e percentuais em relação ao escoamento superficial total.

ANO	MES	ESCOAMENTO			
		SUPERFICIAL DIRETO		BASE*	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)
1984	OUT.	6,3	10,4	54,4	89,6
	NOV.	3,5	5,3	62,4	94,7
	DEZ.	7,3	8,8	75,8	91,2
1985	JAN.	513,7	71,0	210,2	29,0
	FEV.	51,3	13,6	326,5	86,4
	MAR.	106,9	22,6	365,9	77,4
	ABR.	51,6	14,6	302,1	85,4
	MAI.	3,8	1,7	217,4	98,3
	JUN.	0,0	0,0	139,6	100,0
	JUL.	0,0	0,0	97,4	100,0
	AGO.	0,4	0,6	62,3	99,4
	SET.	4,1	6,4	59,5	93,6
<b>TOTAL</b>		<b>748,9</b>	<b>27,5</b>	<b>1.973,5</b>	<b>72,5</b>
					<b>2.722,4</b>

(\*) O escoamento base foi calculado pela diferença entre os escoamentos total e direto.



**FIGURA 5** - Relação entre a precipitação e os escoamentos superficial direto, de base e total para o ano hidrográfico 1984/85.

CICCO, V. de et alii. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

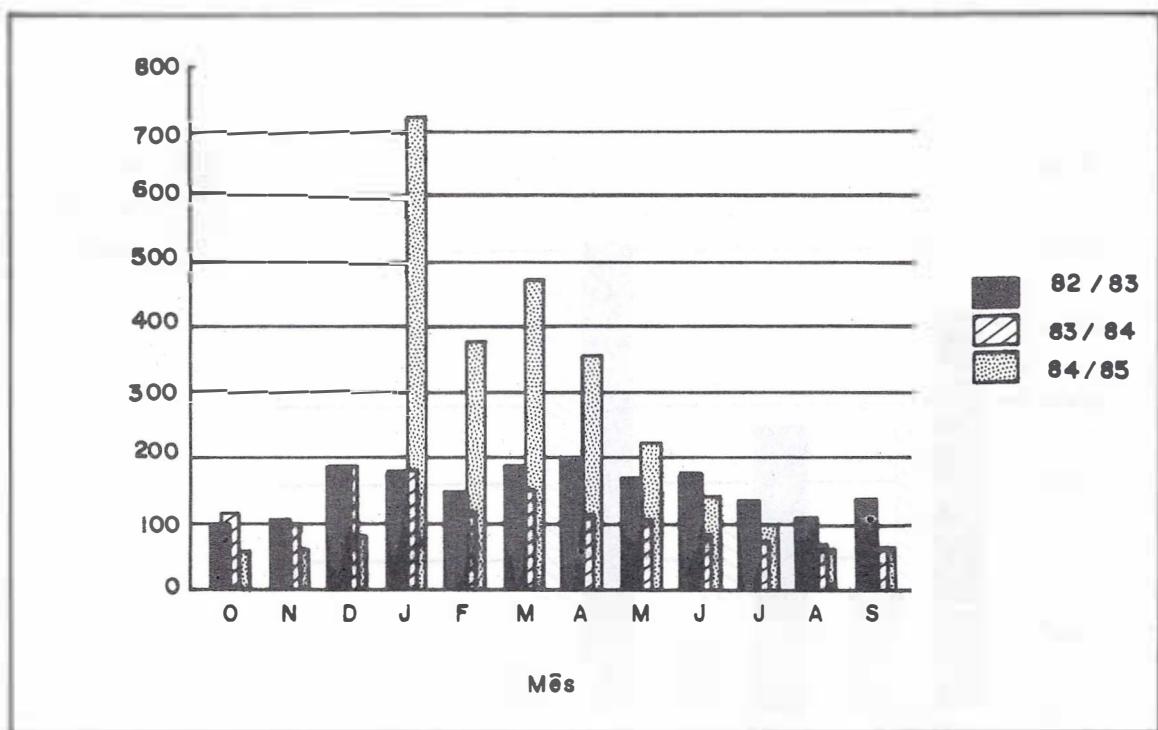


FIGURA 6 - Distribuição mensal do escoamento superficial total para os anos hidrícos 1982/83, 1983/84 e 1984/85.

L. Vivas apud VALCARCEL (1982) assinala que os solos têm sido tradicionalmente reconhecidos como um dos mais importantes parâmetros que controlam certas características hidrológicas de uma bacia hidrográfica, tais como: infiltração, balanço hídrico, escoamento superficial, etc. Em consequência, faz-se necessário conhecer a distribuição espacial dos mesmos, assim como suas características intrínsecas.

A FIGURA 7 mostra a precipitação, escoamento superficial total e evapotranspiração para os anos hidrícos 1982/83, 1983/84 e 1984/85.

A evapotranspiração foi estimada pela diferença entre a precipitação média e o escoamento superficial total, conforme equação 2. A evapotranspiração para o ano hidríco em estudo foi de 318,0 mm, ou seja, 10,46 % da precipitação total, valor este extremamente baixo quando comparado com os obtidos anteriormente. CICCO et alii (1985a) mostraram através do balanço hídrico de 1982/83, uma precipitação de 2.587,7 mm, escoamento superficial total de 1.828,28 mm e uma evapotranspiração da ordem de 759,42 mm. Na mesma bacia hidrográfica CICCO et alii (1985b) registraram através do balanço hídrico de 1983/84,

CICCO, V. de et alii. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

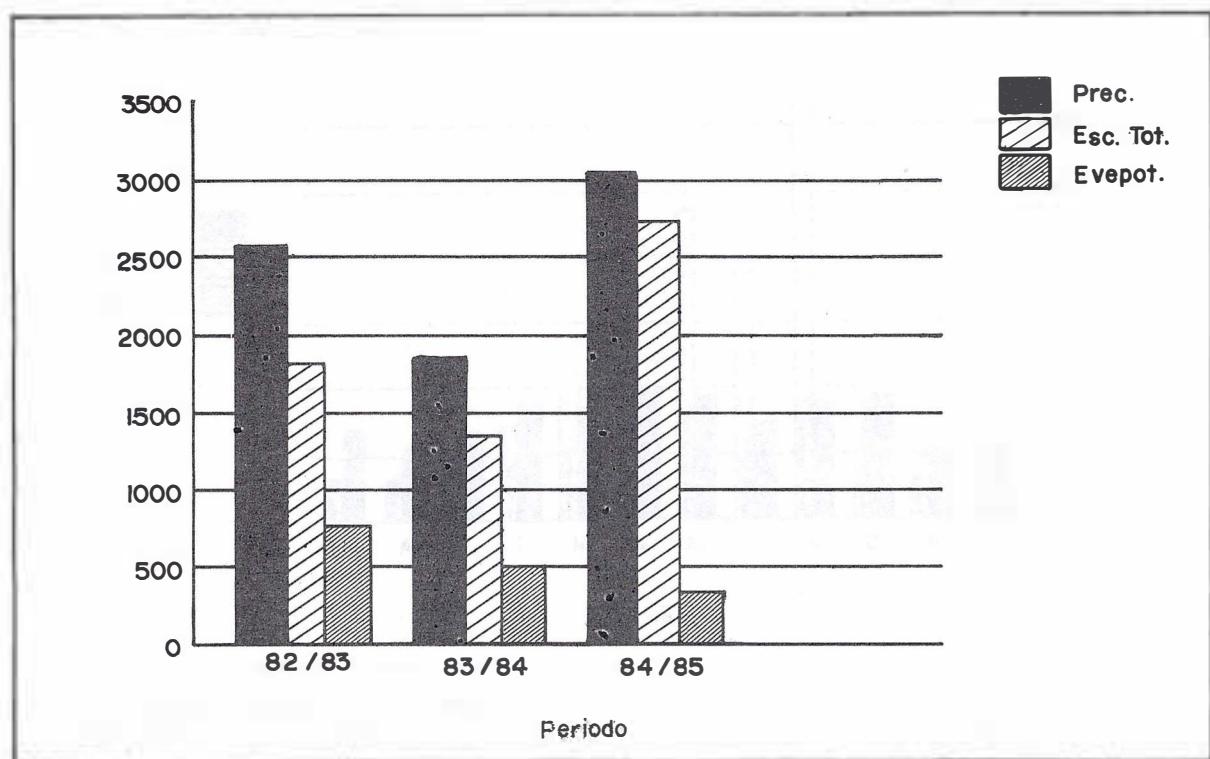


FIGURA 7 - Distribuição da precipitação, escoamento superficial total e evapotranspiração para os anos hidrícos 1982/83, 1983/84 e 1984/85.

uma precipitação de 1.848,0 mm, escoamento superficial total de 1.346,09 mm e uma evapotranspiração de 501,95 mm.

Para os balanços hidrícos realizados em 1982/83 e 1983/84, foram encontrados valores próximos de 30 % de evapotranspiração e 70 % para o escoamento superficial total. A diferença ora alcançada, reside principalmente no fato do alto índice pluviométrico concentrado nos três primeiros

meses de 1985, saturando o solo e, consequentemente, provocando altas taxas de escoamento superficial direto.

Em pequena bacia hidrográfica com floresta amazônica na Reserva Florestal Dukke, a 26 km de Manaus-AM, LEPOLDO et alii (1982) realizaram o balanço hidrico encontrando para precipitação de 2.075,5 mm uma evapotranspiração de 1.675,1 mm e um escoamento superficial total de

CICCO, V. de et alii. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

400,4 mm, correspondendo a 80,7 % e 19,3 % da precipitação total, respectivamente. Na mesma área FRANKEN & LEOPOLDO (1986/87) registraram um escoamento total de 32,3 % da chuva, sendo 2,8 % na forma de escoamento superficial direto, implicando numa evapotranspiração de 67,7 % do total precipitado.

#### 4 CONCLUSOES

Para os anos hídricos de 1982/83 e 1983/84 a evapotranspiração foi estimada em aproximadamente 30 % da precipitação total, enquanto no período 1984/85 foi de 318,0 mm, correspondendo a 10,46 % da precipitação total, devido as precipitações atípicas, ou seja, superior a 3.000,0 mm, acarretando com isso um escoamento superficial total de 2.722,4 mm. Os resultados obtidos em três anos de trabalho, evidenciam a necessidade de continuidade dos estudos dos processos hidrológicos na bacia hidrográfica experimental "D", para que durante o período de calibragem, tenhamos informações precisas do comportamento hídrico da mesma.

#### 5 LITERATURA CITADA

CHOW, V. T. 1964. *Handbook of applied hydrology*. USA, Mc Graw-Hill. 1418p.

CICCO, V. de et alii. 1985a. Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha - determinação do balanço hídrico. In: SEMINARIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS; INFLUENCIA DAS FLORESTAS NO MANEJO DE BACIAS HIDROGRAFICAS; 11, Curitiba - PR, fev. 07-08, 1984. *Anais...* Curitiba, EMBRAPA/CNPF. p. 135-142 (Documentos, 16)

----- et alii. 1985b. Determinação do balanço hídrico com emprego de bacia hidrográfica experimental em mata natural secundária. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HIDRICOS E SIMPOSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HIDRICOS EM REGIOES METROPOLITANAS, 6, São Paulo - SP, nov. 11-14, 1985. *Anais...* São Paulo, Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos. p. 234-246

----- et alii. 1987. Determinação da curva-chave do vertedouro da Bacia Hidrográfica Experimental "D" no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 41(1):79-96.

EMMERICH, W. et alii. 1982. Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSENCIAS NATIVAS, Campos do Jordão - SP, set. 12-18, 1982. *Anais...* Sil-

CICCO, V. de et alii. Estimativa da evapotranspiração em Bacia Hidrográfica com floresta natural secundária de Mata Atlântica - São Paulo.

- vicultura em São Paulo*, São Paulo, 16A:1738-1744. 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(nº único):253-262.
- HIBBERT, A. R. 1967. Forest treatment effects on water yield. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST HYDROLOGY. New York, Pergamon Press. p. 527-543
- LEOPOLDO, P. R. et alii. 1982. Balanço hídrico de pequena bacia hidrográfica em floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazônica*, Manaus, 12(2):333-337.
- LIMA, W. P. 1987. *O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais*. São Paulo, ARTPRESS. 114p.
- PINTO, N. L. S. et alii. 1976. *Hidrologia básica*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda. 278p.
- SHIMOMICHI, P. Y. et alii. 1987. Correlação entre métodos de cálculo de precipitação média mensal em bacia hidrográfica experimental. *Boletim Técnico IF*, São Paulo, 41(1):1-26.
- VALCARCEL, R. 1982. *Clasificación y mapeo de sitios en la Estación Experimental San Eusebio basada en criterios físicos hidrologicos del suelo*. Merida, Universidad de los Andes/Facultad de Ciencias Forestales. 122p. (Dissertação de Mestrado)