

TRABALHOS DE PESQUISA
RESEARCH PAPERS



Efeitos do corte raso de plantação de *Eucalyptus* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia no Vale do Paraíba, SP.

The effects of clearcutting of *Eucalyptus* plantation on the water balance, water quality and soil and nutrient losses in a small catchment

Ana Rosa Tundis Vital
Walter de Paula Lima
Fausto Rodrigues Alves de Camargo

RESUMO: O presente trabalho envolveu a medição contínua da precipitação, do deflúvio e de parâmetros da qualidade da água da chuva e do deflúvio em uma microbacia reforestada com *Eucalyptus saligna* Smith durante todos os primeiros sete anos de crescimento da plantação. Após este período, foi feita a colheita em corte raso do eucalipto, e as medições continuaram durante todo o primeiro ano após o corte, de sorte a permitir a comparação entre os dois períodos, em termos dos efeitos do corte raso no balanço hídrico, na qualidade da água e nas perdas de solo e de nutrientes da microbacia. Ao longo dos 7 anos de crescimento da plantação, o deflúvio anual da microbacia diminuiu gradativamente, tendo apresentado um aumento de 115 mm após o corte raso. Em termos globais para os 8 anos consecutivos de medições, o balanço hídrico anual médio da microbacia apresentou os seguintes valores: Precipitação = 1327mm; Deflúvio = 141mm; Evapotranspiração = 1186mm. Com relação à qualidade da água, em comparação com os valores médios anuais do primeiro período, os dados do primeiro ano após o corte mostraram um aumento na turbidez, cor, condutividade e concentração de sedimentos na água do deflúvio. Em termos totais, após o corte raso as perdas de sedimentos em suspensão passaram de 19.8 para 41.5 Kg.ha⁻¹. ano⁻¹. Semelhantemente, o corte raso acarretou ligeiros aumentos nas perdas de nitratos, potássio, cálcio, magnésio e ferro através do deflúvio.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia, Eucalipto, Balanço hídrico, Qualidade da água, Perdas de solo, Perdas de sedimentos

ABSTRACT: Streamflow and water quality parameters were measured continuously for a period of 7 years in a small catchment, which was planted with *Eucalyptus saligna* Smith at the beginning of the study period. After this period, the eucalypts plantation was clearfelled and the measurement continued throughout the first year after the cut, so that comparison could be made between the two periods in order to evaluate the effects of clearcutting on catchment water balance and water quality parameters. Streamflow showed a general downward trend in the first period, but increased about 115 mm during the first year after clearcutting. Taking the entire 8 years of measurements, the average catchment water balance showed the following values: Precipitation = 1327 mm, Streamflow = 141 mm, Evapotranspiration = 1186 mm. In comparison with the average values of the initial 7-year period, the data from the first year after felling showed an increase in streamwater turbidity, color, conductivity and sediment concentration. In terms of

flux density of sediments, the increase was from 19.8 to 41.5 Kg.ha⁻¹. yr⁻¹, as a result of the clearcutting. The increase in conductivity was mostly a result of increases in the concentration of nitrate, calcium, iron and sodium in streamwater. These increases, on the other hand, were most pronounced during the rainy period of November through April. Streamwater concentrations of potassium and magnesium were not affected. In terms of flux density of the studied nutrients, there were slight increases in nitrate, calcium, potassium, magnesium and iron after clearcutting.

KEYWORDS: Catchments, Water balance, Water quality, Soil losses, Geochemical cycling

INTRODUÇÃO

Em vários países, os estudos em microbacias hidrográficas experimentais vêm sendo conduzidos desde o início deste século. Tais estudos proporcionaram um embasamento sobre o ciclo hidrológico, no que diz respeito aos efeitos do uso da terra sobre a quantidade e qualidade de água que são produzidos nas microbacias.

Manejo de bacias hidrográficas, neste sentido, significa o processo de orientação e organização do uso da terra e dos recursos naturais, para a produção de bens e serviços, sem afetar adversamente o solo e os recursos hídricos (Brooks et al., 1991). Portanto, estudos em bacias experimentais são importantes para entender seu funcionamento hidrológico, visando o monitoramento da quantidade e da qualidade da água decorrentes do uso dos recursos naturais (Whitehead e Robinson, 1993).

Os primeiros estudos em microbacias experimentais objetivaram, principalmente, relacionar o efeito da cobertura florestal, do reflorestamento e da substituição da vegetação sobre a produção de água, sobre a qualidade da água e sobre a ciclagem de nutrientes (Hoyt e Troxell, 1932; Likens et al., 1977; Whitehead e Robinson, 1993). Bormann e Likens (1967) e Likens et al. (1977), por outro lado, mostraram a adequação da microbacia para a quantificação do chamado balanço geoquímico de nutrientes, obtido pela comparação entre a entrada de nu-

trientes pela precipitação e saída via deflúvio, após a interação destes elementos com o solo.

A entrada dos elementos químicos para dentro do ecossistema ocorre através da chuva, deposição de poeira e aerossóis, por fixação de microorganismos acima e abaixo do solo, adubação mineral e, exceto para o nitrogênio, por intemperismo da rocha matriz. A entrada de nutrientes pela precipitação varia de acordo com a localização e de acordo com as condições climáticas.

As perdas, por sua vez, ocorrem através do escoamento superficial da água, da lixiviação profunda, volatilização, e, evidentemente, pelo deflúvio.

Conseqüentemente, a quantidade de nutrientes transportados pelo deflúvio em microbacias constitui um bom indicador do comportamento dos nutrientes em uma área (Bruijnzeel, 1990; Tamm, 1995).

O'Loughlin (1994), monitorando a qualidade da água em microbacias na Nova Zelândia, observou que os cursos d'água que drenam florestas naturais não perturbadas possuem alta qualidade de água, com baixa concentração de nutrientes dissolvidos, sólidos em suspensão e organismos microbiológicos.

De um modo geral, o balanço anual de entrada e saída dos nutrientes Na, K, Ca e Mg varia substancialmente entre as bacias. A saída de nutrientes através do deflúvio varia de

elemento para elemento. Por exemplo, Jordan (1982), verificando o balanço geoquímico de nutrientes em uma floresta tropical na Venezuela, encontrou que para Ca, K, e Mg a entrada via atmosfera foi consideravelmente mais alta do que a saída via deflúvio.

Para o fluxo de nutrientes em floresta natural secundária (Mata Atlântica) na Serra do Mar, São Paulo, os valores encontrados na precipitação, em $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, foram: $\text{K} = 5.43$, $\text{Ca} = 2.87$, $\text{Mg} = 1.08$, $\text{N} = 11.79$ e $\text{P} = 0.69$, enquanto que as perdas via deflúvio foram: $\text{NO}_3 = 4.9$, $\text{K} = 2.0$, $\text{Ca} = 7.8$, $\text{Mg} = 3.5$ e $\text{Na} = 12.4$ (Arcova et al., 1985; Arcova e Cicco, 1987).

Golley et al. (1978), estudando o ecossistema de uma floresta tropical úmida, na província de Darien (República do Panamá), registraram os seguintes valores quanto à saída de nutrientes da floresta através da água dos rios: $\text{P} = 0.7 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, $\text{K} = 9.3 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, $\text{Ca} = 163.2 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $\text{Mg} = 43.6 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Scardua (1994), analisando dados obtidos em uma microbacia reflorestada com *Eucalyptus saligna* há mais de 50 anos, e Ranzini (1990), que fez análise semelhante em outra microbacia com *E. saligna*, porém com idade de 3 anos, encontraram um balanço negativo para Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} e Fe^{++} .

Para uma microbacia coberta com *Pinus* localizada em Fiji, Waterloo (1994), estudando a ciclagem de nutrientes, registrou um balanço geoquímico também negativo para Ca^{++} , Mg^{++} , e Na^+ , porém um balanço positivo para $\text{N}^+ > \text{K}^+ > \text{P}$.

Em floresta madura de *E. obliqua* na Austrália, Guthrie et al. (1978) encontraram um balanço anual positivo para Ca^{++} e negativo para Mg^{++} , porém houve um ganho líquido de Na^+ e K^+ , que variou com a quantidade do deflúvio.

De um modo geral, a remoção da floresta conduz a um aumento no deflúvio e o reflorestamento de áreas abertas geralmente resulta em declínio na produção de água (Hornbeck e Ursic, 1979; Feller e Kimmins, 1984; Bruijnzeel,

1990; Brooks et al., 1991; Whitehead e Robinson, 1993; Neary e Hornbeck, 1994; Rowe e Pearce, 1994; Tamm, 1995; Smith, 1991; Dye e Poulter, 1995).

Aliado ao aumento no deflúvio, ocorre um aumento na quantidade de nutrientes que deixam a bacia após o corte da floresta. Malmer e Gripp (1994), Hopmans et al. (1987), e Guthrie et al. (1978) mostraram que a maioria dos nutrientes, principalmente N, P e K, apresentam correlação positiva com o deflúvio durante a exploração florestal.

A presença de nutrientes na água do deflúvio após corte raso é diretamente proporcional à área explorada (Hornbeck et al., 1975; Whitehead e Robinson, 1993). A tendência do aumento do fluxo de nutrientes na água do deflúvio após a colheita florestal parece ocorrer, principalmente, nos dois primeiros anos após o corte da floresta, voltando aos níveis pré-tratamento após algum tempo, que tem variado de 1.5 a 5 anos (Hopmans et al., 1987; Hornbeck e Kropelin, 1982; Feller e Kimmins, 1984; Dahlgren e Driscoll, 1994; Rowe e Pearce, 1994; Stevens et al., 1995). Há, todavia, grande variação entre o fluxo anual de nutrientes após o desmatamento e os aumentos verificados entre as bacias estudadas.

Por outro lado, estes estudos mostram, também, que é possível conciliar a necessidade de uso mais intensivo do solo com a manutenção do funcionamento hidrológico harmônico da microbacia, através da adoção de planejamento cuidadoso, que envolve a proteção das zonas ripárias e a adequada condução das operações florestais.

Tomando-se como base os resultados obtidos através da análise hidrológica dos dados disponíveis de precipitação, do deflúvio e de amostras de água da chuva e do deflúvio, o presente trabalho teve como objetivo determinar os efeitos do corte raso da plantação de eucalipto sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e as perdas de sedimento em suspen-

são em uma microbacia. A série histórica de dados envolve a comparação da média dos 7 anos de crescimento da plantação de eucalipto

com os dados medidos durante o 1° ano após o seu corte raso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área experimental

A área experimental localiza-se no município de Santa Branca, Estado de São Paulo, e faz parte da Fazenda Bela Vista III, pertencente à Votorantim Celulose e Papel S/A. Suas coordenadas são de 23°25' de latitude Sul, e 45°54' de longitude a Oeste de Greenwich, e a altitude varia de 665m a 725m. A microbacia possui uma área de 7,0 ha, com uma declividade média de 19,6%.

A região em geral apresenta vales alongados, relevos com grandes desníveis altimétricos.

Segundo a classificação de Köppen, a área compreende o tipo climático Cwa, que corresponde ao clima temperado de inverno seco. A precipitação média anual é de 1.562mm, com temperatura máxima média de 26°C, e mínima média de 17°C, resultando em uma temperatura média compensada em 22°C (Nascimento e Pereira, 1988).

Os solos pertencem à classe do Podzólico Vermelho-Amarelo álico Tb A moderado textura média/argilosa.

Metodologia

A microbacia foi reflorestada com *Eucalyptus saligna* Smith em março de 1987 e submetida ao corte raso em julho de 1994. A mata ciliar, que ocupa cerca de 3,3% da área total da microbacia, foi mantida inalterada durante todo o período experimental.

A medição da precipitação e vazão na microbacia teve início em março de 1987. O período de coleta de dados do experimento foi

de junho de 1987 a maio de 1995. Foi instalada uma estação fluviométrica dotada de vertedor triangular de 90° e de um linígrafo modelo Hidrologia.

A tabulação dos dados de precipitação diária para a microbacia foi feita a partir dos dados obtidos por um pluviógrafo tipo Helmann, de rotação semanal, e três pluviômetros tipo Ville de Paris, que constituíram a rede para a determinação, pela média aritmética, da precipitação semanal. O procedimento para tabulação do diagrama do pluviógrafo foi baseado em Johnson e Dils (1956). Para a tabulação do diagrama do linígrafo, o procedimento adotado foi realizado baseando-se em Johnson e Dils (1956) e DAEE (1970).

Para amostragem da água da chuva foram instalados cinco coletores do tipo descrito por Coutinho (1979), quatro ao lado de cada pluviômetro e um ao lado do pluviógrafo.

As amostras do deflúvio na microbacia foram coletadas manualmente no vertedor, em intervalos semanais, utilizando-se garrafas de polietileno com capacidade para 1 litro. As análises das amostras de água da chuva e do deflúvio foram feitas no Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", de acordo com métodos padronizados (APHA, 1976).

A concentração de sedimentos em suspensão nas amostras do deflúvio foi obtida de uma alíquota de 300ml de amostra, filtrada em membrana com poros de 0,45mm, de acordo com Brown et al. (1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Balanço hídrico

Para a microbacia em estudo, pode-se escrever a equação básica do balanço hídrico de acordo com:

$$P - ET - Q \pm \Delta S = 0$$

onde:

P = precipitação;

ET = evapotranspiração;

Q = deflúvio;

ΔS = variação do armazenamento da água do solo.

Evidentemente que ocorrem variações de um ano para outro, em função da variação da precipitação e da cobertura vegetal, e, dentro de um dado período anual, o termo ΔS deve também variar. Esta variação do termo ΔS , todavia, pode ser minimizada desde que o período anual dos dados inicie e termine na estação seca (ano hídrico). Considerando estas condições, o balanço hídrico anual reduz-se a $P - Q - ET = 0$.

Tabela 1. Valores médios anuais do deflúvio na microbacia (Período: jun/87 a mai/95).

(Annual average values of the streamflow in the catchment (Period: from jun/87 to may/95))

Ano	P	Q	ET
87 - 88	1675	264	1411
88 - 89	1043	333	710
89 - 90	1343	153	1190
90 - 91	1634	99	1535
91 - 92	1077	133	944
92 - 93	1362	28	1334
93 - 94	1170	5	1165
Média Anual	1329	145	1184
94 - 95	1311	114	1197

A tabela 1 apresenta os resultados anuais destes componentes do balanço hídrico da microbacia, para os sete anos iniciais de cres-

cimento do eucalipto, assim como para o 1º ano após o corte raso. As variações anuais comentadas podem ser observadas nesta tabela. Pode-se observar, também, a tendência de diminuição dos valores anuais do deflúvio da microbacia (Q) ao longo do período de 7 anos, assim como um aumento verificado durante o 1º ano após o corte. Uma constatação interessante de ser feita, todavia, é com relação ao termo ET. A despeito das variações de ano para ano, pode-se observar que a média anual dos 7 anos com a floresta de eucalipto é praticamente a mesma do valor observado no 1º após o corte raso. E este valor anual de aproximadamente 1100 – 1200mm do termo ET, por outro lado, é muito similar ao que tem sido encontrado em outros estudos de microbacias contendo florestas de eucalipto (Lima, 1993).

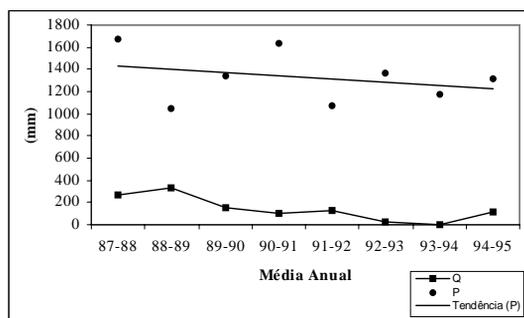


Figura 1. Valores médios anuais do deflúvio (Q), precipitação (P) e a tendência da precipitação na microbacia (Período: junho/87 a mai/95)

(Annual average values of the streamflow (Q), precipitation (P) and the precipitation trend in the catchment (Period: from jun/87 to may/95))

Na figura 1 pode ser melhor observada a tendência de diminuição do deflúvio da microbacia em função do crescimento da floresta, conforme já comentado. Parte desta tendência, sem dúvida, deve ser atribuída ao crescimento das árvores, porém nota-se, na figura,

uma ligeira tendência de diminuição da precipitação anual ao longo do período, o que também deve ter contribuído para esta diminuição.

Qualidade da água

A tabela 2 contém o resumo dos resultados médios mensais dos parâmetros físicos de qualidade da água medida no período experimental, que inclui os 7 anos do crescimento do eucalipto (junho 87 a maio 94) e o 1º ano após o corte raso (junho 94 a maio de 95).

Pode-se observar nesta tabela a tendência de os parâmetros estudados serem todos maiores na água do deflúvio, comparativamente à da precipitação.

A tendência se mantém no primeiro ano após o corte raso do eucalipto, porém observa-se significativo aumento da condutividade, cor e turbidez no deflúvio durante o primeiro ano após o corte raso, relativamente aos valores médios do período anterior. Estas diferenças

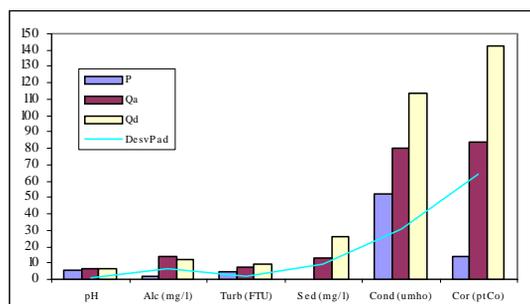


Figura 2. Média Anual dos Parâmetros Físicos pH, alcalinidade, turbidez, sedimento, condutividade e cor na água da chuva (P), deflúvio antes do corte (Qa), correspondendo à média anual do período junho de 87 a maio de 94, e depois do corte (Qd), relativamente no ano hídrico junho 94 a maio 95 e, o Desvio Padrão das médias (Período: jun/87 a mai/95).

(pH, alkalinity, turbidity, sediment, electrical conductivity and color annual average values observed to the water precipitation (P) and streamflow (Qa) before the clearcutting, verified to the June 87 to May 94 period. It is also included the physical parameters results after clearcutting (Qd), corresponding to the period from June 94 to May 95.)

Tabela 2. Médias mensais dos parâmetros físicos pH, alcalinidade, condutividade, cor e turbidez na precipitação (Prec.) e deflúvio da microbacia para os períodos jun/87 a mai/94 (Qa) e jun/94 a mai/95 (Qd), correspondente ao 1º ano após o corte raso.

(pH, alkalinity, conductivity, color and turbidity monthly average verified the precipitation (Prec.) and streamflow in the catchment for the Jun/87 to Mai/94 (Qa) and Jun/94 to Mai/95 (Qd), periods corresponding to the first year after the clearcutting.)

Mês	Local	pH	Alcal.	Condut	Cor	Turb.
		(mg/l)	(umho)	(ptCo)	(FTU)	
Jun.	Prec.	5.3	1.3	31	6	1.9
	Qa	6.0	12.2	67	70	5.9
	Qd	6.0	8.4	109	138	7.8
Jul.	Prec.	5.6	3.4	50	13	1.9
	Qa	6.2	12.8	77	62	4.7
	Qd	6.0	9.3	99	50	4.4
Ago.	Prec.	5.9	4.5	51	9	2.0
	Qa	6.2	13.3	75	53	6.2
	Qd	6.3	26.5	110	50	5.4
Set.	Prec.	5.4	2.2	42	6	1.4
	Qa	6.2	15.8	74	72	6.2
	Qd	6.3	10.1	96	98	11.7
Out.	Prec.	5.3	2.0	41	10	1.3
	Qa	6.0	14.6	77	68	5.5
	Qd	6.4	9.6	103	163	18.8
Nov.	Prec.	5.3	2.2	44	4	2.0
	Qa	6.0	15.3	83	71	7.8
	Qd	6.1	9.8	137	94	8.7
Dez.	Prec.	5.4	2.5	46	7	1.5
	Qa	6.2	14.7	87	88	7.2
	Qd	6.1	9.4	130	125	8.6
Jan.	Prec.	5.5	2.3	42	5	1.7
	Qa	6.2	14.9	91	98	8.8
	Qd	6.1	13.6	153	265	8.6
Fev.	Prec.	5.2	1.9	41	5	1.8
	Qa	6.2	14.6	96	127	10.0
	Qd	5.4	8.8	123	217	8.2
Mar.	Prec.	5.4	2.7	39	4	1.3
	Qa	6.1	16.7	85	107	8.3
	Qd	6.1	13.4	111	194	7.5
Abr.	Prec.	5.3	2.9	40	5	2.2
	Qa	6.1	13.0	75	95	7.6
	Qd	6.0	11.4	101	180	12.3
Mai.	Prec.	5.2	1.7	38	9	2.2
	Qa	6.0	12.2	75	91	6.9
	Qd	5.9	10.3	94	142	10.1

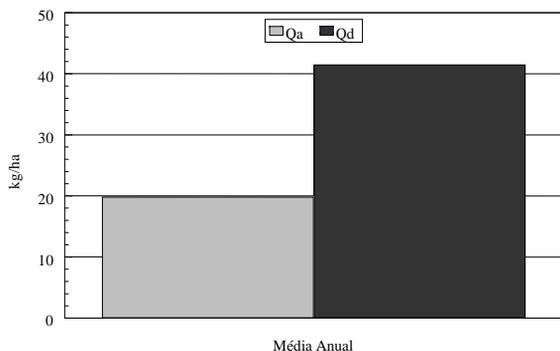


Figura 3. Média anual da perda de sedimento em suspensão ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na microbacia antes do corte (Qa), microbacia após corte (Qd) (jun/87 a mai/95).

(Annual average to the sediment in suspension loss ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in the catchment before the clearcutting (Qa) and in the catchment after clearcutting (Qd) (Jun/87 to Mai/95).

entre os dois períodos para os parâmetros observados pode ser melhor visualizada através das médias anuais mostrada na Figura 2.

Perdas de solo

Além da medição da turbidez, o monitoramento das perdas por erosão na microbacia envolveu, também, a medição da

Tabela 4. Valores médios anuais da densidade de fluxo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) para os nutrientes NO_3^- , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Na^+ , na água da chuva (P) e na água do deflúvio da microbacia, comparativamente para o período de antes do corte (Qa), correspondendo à média anual do período junho de 87 a maio de 94, e depois do corte (Qd), relativamente no ano hídrico junho 94 a maio 95.

(The flow density annual average values ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$) for the nutrients NO_3^- , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Fe^{++} , Na^+ , in the precipitation (P) and the streamflow waters of the catchment, comparatively for the period before the clearcutting (Qa), corresponding to the annual average of the period from Jun/87 to May/94, and after the clearcutting (Qd), relatively to the hydrological year Jun/94 to May/95.)

Variável	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$					
	NO_3^-	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Fe^{++}	Na^+
P.	9.7	4.4	7.4	2.0	1.2	4.8
Qa	0.8	3.0	3.9	0.9	3.4	3.5
Qb	1.5	3.8	5.1	1.1	5.7	2.5

Tabela 3. Valores médios mensais da concentração de sedimentos na água do deflúvio da microbacia para o período de 7 anos do crescimento do eucalipto (A), bem como para o 1° ano após o seu corte raso (D).

(The sediment concentration monthly average values in the catchment streamflow water for a period of 7 years of the growth of the *Eucalyptus* (A), as well as for the first year after the clearcutting.)

Mês	Período	Conc. Sedimentos (mg/l)
Jun.	A	12.6
	D	14.9
Jul.	A	9.7
	D	-
Ago.	A	9.4
	D	-
Set.	A	7.5
	D	-
Out.	A	13.8
	D	-
Nov.	A	13.3
	D	19.9
Dez.	A	13.9
	D	24.2
Jan.	A	18.8
	D	48.8
Fev.	A	20.6
	D	33.6
Mar.	A	14.5
	D	31.1
Abr.	A	11.1
	D	18.2
Mai.	A	11.9
	D	15.7

concentração de sedimento na água do deflúvio, cujos resultados médios mensais para os períodos antes (A) e depois (D) do corte raso são mostrados na Tabela 3.

Apesar da ausência de alguns resultados para o 1° ano após o corte raso, pode-se verificar o significativo aumento na concentração de sedimentos neste período, em comparação com a média dos 7 anos anteriores.

Estes valores, em termos do fluxo de sedimentos em suspensão na água do deflúvio da microbacia (Kg/ha), podem ser visualizados na Figura 3. Apesar de as perdas de solo terem

praticamente dobrado de valor no primeiro ano após o corte raso, os valores encontrados, de cerca de 40 Kg/ha/ano, são ainda significativamente menores do que as perdas normalmente observadas decorrentes do uso mais intensivo do solo, como na agricultura, por exemplo.

Perdas de nutrientes

Com relação ao comportamento dos nutrientes estudados, a tabela 4 mostra os valores

médios anuais da densidade de fluxo, em Kg.ha⁻¹. ano⁻¹, comparativamente para a água da chuva (entradas) e para a água do deflúvio da microbacia (saídas), antes e depois do corte raso.

Os resultados da tabela 4, desta forma, confirmam a tendência observada em trabalhos similares de ligeiro aumento nas perdas de nutrientes pelo deflúvio da microbacia após o corte raso da cobertura florestal, exceção feita ao sódio, que diminuiu no ano pós corte, relativamente à média do período anterior.

CONCLUSÕES

a) O balanço hídrico da microbacia mostrou-se dentro dos valores normais esperados, tanto para o período pré, quanto para o pós tratamento. Conforme tem sido verificado em inúmeros outros trabalhos similares, foi observada uma diminuição do deflúvio, proporcionalmente ao crescimento da plantação de eucalipto, assim como, um aumento após o seu corte raso, dentro do limite de variação que tem sido observado para outras espécies florestais sujeitas a tratamento idêntico;

b) A qualidade da água do riacho manteve-se dentro de padrões normais para microbacias com boa proteção de cobertura vegetal;

c) A colheita florestal através de corte raso resultou numa alteração da qualidade da água, principalmente em termos de ligeiro aumento

na condutividade e na turbidez, o que reflete maior aporte de nutrientes e de sedimentos no deflúvio da microbacia;

d) As perdas de solo via sedimentos em suspensão no deflúvio aumentaram após o corte raso mas, apesar disto foram sempre menores do que as perdas verificadas em áreas agrícolas;

e) No contexto geral dos aspectos analisados, e dentro do esquema de manejo adotado no caso, que envolveu preparo conservativo do solo para plantio, manutenção da mata ciliar, e a utilização, durante a colheita, da malha viária já existente, pode-se concluir que não foi observada nenhuma indicação de degradação ou desestabilização dos valores da microbacia hidrográfica.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

ANA ROSA TUNDIS VITAL é pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA / Coordenadoria de Pesquisa em Geociências - Av. André Araújo, 2936. Petrópolis - Manaus, AM - 69083 - 000 - Fone: (092) 643-3164; 643-3169 - Fax: (092) 643-3171 - E-mail: artvital@inpa.gov.br

WALTER PAULA LIMA é professor titular da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP / Departamento de Ciências Florestais - Av. Pádua Dias, 11. Caixa Postal 9 - Piracicaba, SP - 13400 - 970 - Fone: (019) 430-8645 - Fax: (019) 430-8666 - E-mail: wplima@carpa.ciagri.usp.br

FAUSTO RODRIGUES ALVES DE CAMARGO é engenheiro florestal da Votorantim Celulose e Papel S/A - Caixa Postal 94 - Setor Florestal - Jacareí - SP - 12300-000 - Fone: (012) 354-1303 - Fax: (012) 354-1721 - E-mail: faustorac@vcp.com.br

Os autores agradecem à Votorantim Celulose e Papel S/A, pelo apoio material e de recursos humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Boston: APHA, AWA, WPCP, 1976. 1193 p.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **Boletim técnico do Instituto Florestal de São Paulo**, v.41, n.1, p.37-58, 1987.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; LIMA, W.P. Balanço dos nutrientes Ca+2, Mg+2, Na+1, K+1 e NO3-1 em bacia hidrográfica experimental com vegetação natural no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP. **IPEF**, n.31, p.61-67, dez.1985.
- BORMANN, F.H.; LIKENS, G.E. Nutrient cycling. **Science**, v.155, p.424-429, 1967.
- BROOKS, K.N.; FFOLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. **Hydrology and the management of watersheds.** Ames: Iowa State University Press, 1991. 391p.
- BROWN, E.M.W.; SKOUGSTAD, M.W.; FISHMAN, M.J. **Methods for collection and analysis of water samples for dissolved minerals and gases.** Washington: United States Geological Survey, 1970. 160 p. (Laboratory Analysis, 5).
- BRUIJNZEEL, L.A. **Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of knowledge review.** Amsterdam: UNESCO, 1990. 224p.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: 3- a precipitação atmosférica de nutrientes minerais. **Revista brasileira de botânica**, v.2, n.2, p.97-101, 1979.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA. **Caracterização dos recursos hídricos do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1970. 10p.
- DAHLGREN, R.A.; DRISCOLL, C.T. The effects of Whole-tree clear-cutting on soil processes at the Hubbard Brook Experimental Forest, USA. **Plant and soil**, v.158, p. 39-262, 1994.
- DYE, P.J.; POULTER, A.G. A field demonstration of the effect on streamflow of clearing invasive and wattle trees from a riparian zone. **South African forestry journal**, v.173, p.27-30, 1995.
- FELLER, M.C.; KIMMINS, J.P. Effects of clearcutting and slash burning on streamwater chemistry and watershed nutrient budgets in southwestern British Columbia. **Water resources research**, v.20, n.1, p.29-40, 1984.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU; EDUSP, 1978. 256p.
- GUTHRIE, H.B.; ATTIWILL, P.M.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Herit.) Forest [In Victoria]: 2- a study in small catchment. **Australian journal of botany**, v.26, n.2, p.189-201, 1978.
- HOPMANS, P.; FLINN, D.W.; FARRELL, P.W. Nutrient dynamics of forested catchments in southeastern Australia and changes in water quality and nutrient exports following clearing. **Forest ecology and management**, v.20, n.34, p.209-231, 1987.
- HORNBECK, J.W.; KROPELIN, W. Nutrient removal and leaching from a whole-tree harvest of northern hardwoods. **Journal of environmental quality**, v.11, n.2, p.309-316, 1982.
- HORNBECK, J.W.; URSIC, S.J. Intensive harvest and forest streams: are they compatible? In: IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING, 1979. **Proceedings**. p.249-262. /Resumo em TREECD on CD-ROM, 1939 - 1996/.
- HORNBECK, J.W.; PIERCE, R.S.; LIKENS, G.E. Moderating the impact of contemporary forest cutting on hydrological and nutrient cycles. **New Hampshire IAHS-publication**, v.117, p.423-429, 1975.
- HOYT, W.G.; TROXELL, H.C. Forest and streamflow. **Transactions of the American Society of Civil Engineers**, v.56, p.1-32, 1932.

- JOHNSON, E.A.; DILS, R.E. Outline for compiling precipitation, runoff, and ground water data from small watersheds. **USDA Forest Service SE research paper**, n.68, p.1-41, 1956.
- JORDAN, C.F. The nutrient balance of amazonian rain forest. **Ecology**, v.63, n.3, p.647-654, 1982.
- LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; PIERCE, R.S. **Biogeochemistry of a forested ecosystem**. New York: Springer-Verlag, 1977. 146p.
- LIMA, W.P. **Impactos ambientais do eucalipto**. São Paulo: EDUSP, 1993. 301p.
- MALMER, A.; GRIP, H. Converting tropical rainforest to forest plantation in Sabah, Malaysia: part 2- effects on nutrient dynamics and net losses in streamwater. **Hydrological processes**, v.8, n.3, p.195-209, 1994.
- NASCIMENTO, C.M.; PEREIRA, M.A.M.G. **Atlas climatológico do Estado de São Paulo (1977-1978)**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 93p.
- NEARY, D.G; HORNBECK, J.W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: NEARY, D.G; HORNBECK, J.W. **Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality**. London: Chapman & Hall, 1994. p.1-109.
- O'LOUGHLIN, C. The forest and water relationship. **New Zealand forestry**, v.39, n.3, p.26-30, 1994.
- RANZINI, M. **Balço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus saligna* Smith no Vale do Paraíba, SP**. Piracicaba, 1990. 99p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- ROWE, L.K.; PEARCE, A.J. Hydrology and related changes after harvesting native forest catchments and establishing *Pinus radiata* plantations: part 2- the native forest water balance and changes in streamflow after harvesting. **Hydrological processes**, v.8, n.4, p.281-297, 1994.
- SCARDUA, F.P. **Caracterização hidrológica de uma microbacia hidrográfica da estação experimental de Ciências Florestais de Itatinga**. Piracicaba, 1994. 94p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SMITH, R.E. Effect of clearfelling pines on water yield in small eastern Transvaal catchment, South Africa. **Water**, v.17, n.3, p.217-224, 1991.
- STEVENS, P.A; NORRIS, A.D.; WILLIAMS, T.G. Nutrient losses after clearfelling in Bedgelert Forest: a comparison of the effects of conventional and whole-tree harvest on soil water chemistry. **Forestry**, v.68, n.2, p.115-131, 1995.
- TAMM, C.O. Towards and understanding of the relations between tree nutrition, nutrient cycling and environmental. **Plant and soil**, v.168/169, p.21-27, 1995.
- WATERLOO, M.J. **Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forest on former grassland soil in Southwest Viti Levy, Fiji**. Amsterdam, 1994. 478p. Thesis - Vrije Universiteit Amsterdam.
- WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies: an international and historical perspective of forest impacts. **Journal of hydrology**, v.145, p.217-230, 1993.