

Corte raso de uma plantação de *Eucalyptus saligna* de 50 anos: impactos sobre a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental

Clearcutting of a 50 year old *Eucalyptus* plantation: impacts on nutrient cycling in an experimental catchment

Carla Daniela Câmara
Walter de Paula Lima
Simone Aparecida Vieira

RESUMO: A tendência mundial nos países onde restam poucas áreas de floresta natural é que nas áreas de agricultura que começam a ser abandonadas devido a seu esgotamento sejam implantados reforestamentos (Hunter, 1996). De acordo com esta tendência, também no Brasil, o plantio de florestas homogêneas de exploração vêm preferencialmente ocupando áreas de solos pobres ou degradados. Dentro deste contexto, as plantações de eucalipto merecem especial atenção. A grande plasticidade das espécies, permitindo adaptação a diferentes regiões, e as diferentes possibilidades de uso da madeira fazem dele o gênero de maior importância industrial no país. Considerando que as plantações florestais de rápido crescimento têm como característica uma elevada absorção de nutrientes do solo, e há necessidade de manter a produtividade dos solos destinados a esta atividade, este estudo teve como objetivo acompanhar a dinâmica dos nutrientes em uma microbacia coberta com plantação de eucalipto de 50 anos, buscando alternativas de manejo que visem o aumento da sustentabilidade da produção. A área de estudo localiza-se na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga – ESALQ/USP, município de Itatinga, SP, 23° 02' 01" e 23° 02' 30"S e 48° 38' 34" e 48° 37' 30" W, com altitude média de 830 m. (Scardua, 1994). Os solos que compõe a microbacia são latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelo, álicos, com profundidades superiores a 2 metros. A alteração na cobertura vegetal não causou grande desequilíbrio no balanço geoquímico da microbacia no primeiro ano após o corte raso. Neste primeiro ano, o balanço geoquímico foi positivo para K, Ca, Fe e Na, permanecendo negativo para Mg. A rebrota das árvores, a proteção do solo oferecida pela serapilheira e a preservação da mata ciliar foram considerados importantes fatores relacionados a este resultado. A retirada da madeira representou uma saída de 80 kg.ha⁻¹ de N, 10,32 kg.ha⁻¹ de P, 68,41 kg.ha⁻¹ de K, 67,09 kg.ha⁻¹ de Ca e 36,13 kg.ha⁻¹ de Mg. O material que permaneceu no campo apresentou o seguinte conteúdo total de nutrientes em kg.ha⁻¹: nas folhas 44,88, 3,2, 12,82, 12,25, e 7,69 de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente; nos ramos e galhos 35,13, 2,52, 17,48, 17,29, 8,86 de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. As maiores limitações ao cultivo na área, quando se considera o estoque de nutrientes no solo, estão relacionadas ao nitrogênio e ao fósforo. Verificou-se a importância da manutenção do material não destinado ao comércio (folhas, ramos e galhos finos) no campo, devido à contribuição potencial que ele representa ao longo do tempo, além de oferecer proteção ao solo.

PALAVRAS-CHAVE: Microbacia, Eucalipto, Corte raso, Ciclagem de nutrientes

ABSTRACT: In countries with few remnants of natural forest there is a trend to plant homogeneous forest in old field soils abandoned because of their low fertility (Hunter, 1996). The same trend has occurred in Brazil, where reforestation programs tend to occupy soils with low fertility. *Eucalyptus* is the most important genera planted in Brazil, because of its large use and adaptation to several different regions. A possible problem with these fast growing tree plantations is their high soil nutrient demand. Because of this characteristic, management strategies that do not destabilize soil fertility should be encouraged. The purpose of this work was to quantify the nutrient dynamics of 50-year old *Eucalyptus saligna* plantation, with the objective of improving production sustainability. Wood harvesting was responsible for the following amount of nutrient losses: 80.0 kg.ha⁻¹ for N, 10.32 kg.ha⁻¹ for P, 68.41 kg.ha⁻¹ for K, 67.09 kg.ha⁻¹ for Ca and 36.13 kg.ha⁻¹ for Mg. Leaves and small branches, which stayed in the catchment after wood harvest, had a nutrient amount of 44.88 kg.ha⁻¹ for N, 3.2 kg.ha⁻¹ for P, 12.82 kg.ha⁻¹ for K, 12.25 kg.ha⁻¹ for Ca and 7.69 kg.ha⁻¹ for Mg in the leaves and 35.13 kg.ha⁻¹ for N, 2.52 kg.ha⁻¹ for P, 18.72 kg.ha⁻¹ for K, 17.29 kg.ha⁻¹ for Ca and 8.86 kg.ha⁻¹ for Mg in the branches. The catchment biogeochemical budget from September 1991 to August 1998 showed a total nutrient loss of 56.79 kg.ha⁻¹ for K, 72.92 kg.ha⁻¹ for Ca, and 40.89 kg.ha⁻¹ for Mg. The maintenance of the integrity of the catchment riparian forest, as well as the forest floor, coupled with a conservative harvesting technique and a rapid *Eucalyptus* regeneration, were considered important factors which were responsible for the relatively minor impacts of the clearcutting on nutrient losses from the catchment. Leaves and small branches, which stayed in the catchment after wood harvesting, were considered important contribution in terms of soil conservation and fertility.

KEYWORDS: Catchment, Clearcutting, *Eucalyptus*, Nutrient budgets

INTRODUÇÃO

A entrada de nutrientes no ecossistema por processos naturais se dá através da chuva, deposição de poeira e aerossóis, por fixação microbiológica, acima e abaixo do solo, e por intemperização da rocha matriz. As perdas, por sua vez, ocorrem pelo escoamento superficial da água, pela lixiviação profunda, volatilização e pelo deflúvio. A exportação de biomassa por outro lado, como é o caso da colheita florestal, pode aumentar significativamente estas perdas (Vital, 1996). No caso de plantações florestais, geralmente em solos já degradados, a adição de nutrientes pela água da chuva e a ciclagem biogeoquímica têm grande importância na manutenção da produtividade ao longo do tempo.

A manutenção da produtividade das florestas naturais e plantadas, quando bem manejadas, está intimamente relacionada ao equilíbrio da ciclagem de nutrientes (Poggiani, 1985).

A floresta quando em equilíbrio, reduz ao mínimo a saída de nutrientes do ecossistema através da interação solo-vegetação. Desta forma, o solo pode manter o mesmo nível de fertilidade, ou até melhorar suas características ao longo do tempo (Poggiani, 1981).

A tendência mundial nos países onde restam poucas áreas de floresta natural é que nas áreas de agricultura que começam a ser abandonadas devido a seu esgotamento, sejam implantados reflorestamentos (Hunter, 1996). De acordo com esta tendência, as regiões de cerrado do Brasil vêm sendo a cada dia mais utilizadas para o plantio de florestas homogêneas de exploração. Dentro deste contexto, as plantações de eucalipto merecem especial atenção. A grande plasticidade das espécies, permitindo adaptação a diferentes regiões e as diferentes possibilidades de uso da madeira, fazem dele o gênero de maior importância industrial no país.

Considerando que as plantações florestais de rápido crescimento têm como característica uma elevada absorção de nutrientes do solo, e há necessidade de manter a produtividade dos solos destinados a esta atividade, este estudo

teve como objetivo acompanhar a dinâmica dos nutrientes em uma microbacia coberta com plantação de eucalipto de 50 anos, buscando alternativas de manejo que visem o aumento da sustentabilidade da produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo localiza-se na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga – ESALQ/USP, município de Itatinga - SP, 23° 02' 01" e 23° 02' 30" S e 48° 38' 34" e 48° 37' 30" W, com altitude média de 830 m. (Scardua, 1994).

O clima local é do tipo mesotérmico úmido, segundo classificação de Köppen, com precipitação média mensal do mês mais seco entre 30 e 60 mm, temperatura mínima anual de 12,8 °C e média anual de 19,4 °C. A umidade relativa média anual é de 83,3%, e a precipitação média anual é de 1635 mm.

O balanço hídrico apresenta um excedente de 762 mm, e déficit de 3 mm nos meses de julho e agosto, com uma evapotranspiração potencial de 877 mm, e capacidade de armazenamento do solo de 150 mm (Scardua, 1994).

Os solos que compõe a microbacia são latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelo, álicos, com profundidades superiores a 2 metros. Tratam-se de solos porosos com alto grau de flocculação das argilas, e baixa capacidade de troca catiônica.

A microbacia do Tinga possui uma área de 68,24 ha e até agosto de 1997 manteve cobertura florestal de *Eucalyptus saligna*. O plantio foi realizado há cerca de 50 anos, tratando-se atualmente da rebrota do último corte, realizado há 17 anos. Estima-se que este seja o sexto ciclo de rebrota da plantação.

A flora da faixa ciliar apresenta diversas espécies nativas da região. Esta faixa, de 30 metros foi mantida intacta durante a colheita florestal.

A caracterização hidrológica da microbacia do Tinga teve início em abril de 1991.

Coleta de dados

O primeiro conjunto de dados utilizados para este estudo teve sua colheita iniciada em setembro de 1991 e estendeu-se até agosto de 1997, período considerado para a caracterização da microbacia em condições de cobertura florestal.

A segunda etapa teve início em setembro de 1997 e estendeu-se até agosto de 1998, primeiro ano hídrico após o corte raso. Os resultados obtidos durante este primeiro ano foram comparados aos observados durante os 6 anos anteriores para identificar os efeitos da colheita da madeira sobre a ciclagem de nutrientes na microbacia.

A medição do deflúvio foi feita continuamente, utilizando-se um linígrafo de rotação semanal. O aparelho localizava-se junto à calha de metal do tipo H, de 45 cm, instalada no final da seção de controle do leito do riacho.

Os linigramas semanais foram digitalizados com a utilização do programa de digitalização Tosca. Os resultados passaram em seguida pelo programa para cálculo de vazão em inter-

valos regulares, para obtenção dos valores diários de vazão.

A precipitação foi medida por dois pluviômetros e um pluviógrafo, com resultados obtidos pela média semanal entre os 3 aparelhos. Os pluviômetros localizavam-se em clareira próxima ao vertedor, e o pluviógrafo no posto meteorológico da Estação Experimental, situado a cerca de 1050 metros do vertedor.

Amostras de água do deflúvio foram coletadas semanalmente em coletores localizados junto ao vertedor. Foram feitas análises para determinar a concentração dos elementos Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , e Fe^{++} .

As análises foram realizadas no laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, de acordo com os métodos padronizados pela APHA (1975).

A água do lençol freático

Na microbacia experimental do córrego Tinga há duas baterias de piezômetros, instaladas perpendicularmente ao sentido do córrego nas duas margens, e uma bateria em prolongamento com o eixo do córrego em sua cabeceira. A profundidade dos poços estava entre 71 e 225 cm. Os resultados observados em duas das baterias de poços foram utilizados para avaliar a concentração de nutrientes na água do lençol freático ao longo da zona ripária.

A concentração de nutrientes da água do lençol freático foi avaliada através de amostras coletadas mensalmente nos piezômetros, de acordo com metodologia citada anteriormente.

Estoque de nutrientes no solo

Foram utilizados resultados da análise de amostras de solo coletadas em 3 pontos localizados na microbacia, a 3 profundidades (0 – 10 cm, 10 – 30 cm e 30 a 100 cm) (Pessoti, 1994).

A partir destes valores, foi estimado o total de nutrientes com base no volume correspondente a cada uma das profundidades.

Ciclagem biogeoquímica de nutrientes

As condições da rebrota de eucalipto da microbacia eram bastante heterogêneas em relação à forma das árvores, apresentando grande variação de diâmetro e altura. Devido a esta característica, foi necessária a elaboração de equações para determinação da biomassa através do método alométrico. Para tanto, biomassa arbórea foi dividida em três compartimentos: material lenhoso comercializável, caracterizado por fustes com casca apresentando diâmetro igual ou superior a 5cm; folhas e por último, sobras, categoria composta por fustes com diâmetro inferior a 5 cm, galhos e ramos finos.

A biomassa foi estimada utilizando-se equações de regressão ajustadas por Batista correlacionando DAP com peso do tronco, peso dos ramos e peso das folhas.

Para elaboração das equações foram abatidas 36 árvores, sendo 12 pertencentes a cada uma das classes de diâmetro, que compreendem os seguintes intervalos de DAP: 5 a 12 cm, 12 a 19 cm, e 19 a 27 cm. As árvores foram escolhidas aleatoriamente, segundo método proposto por Clark e Schoeder (1977). Foram pesados separadamente o tronco, as folhas e os ramos e galhos com DAP inferior a 5 cm. De cada um destes componentes foram retiradas amostras para análise química. As amostras foram analisadas no Laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Foram determinadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl. O fósforo foi medido em fotocolorímetro, utilizando o método do vadano-

molibdato de amônio. Os elementos potássio, cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, segundo metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974).

A mineralomassa presente na vegetação foi estimada, multiplicando-se o teor de nutrientes de cada compartimento (folhas, troncos e sobras) pela sua biomassa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos anuais, para os 7 anos de observação, o balanço geoquímico de nutrientes caracterizado pela diferença entre a entrada via

precipitação e a saída via deflúvio, apresentou os resultados expressos na Figura 1.

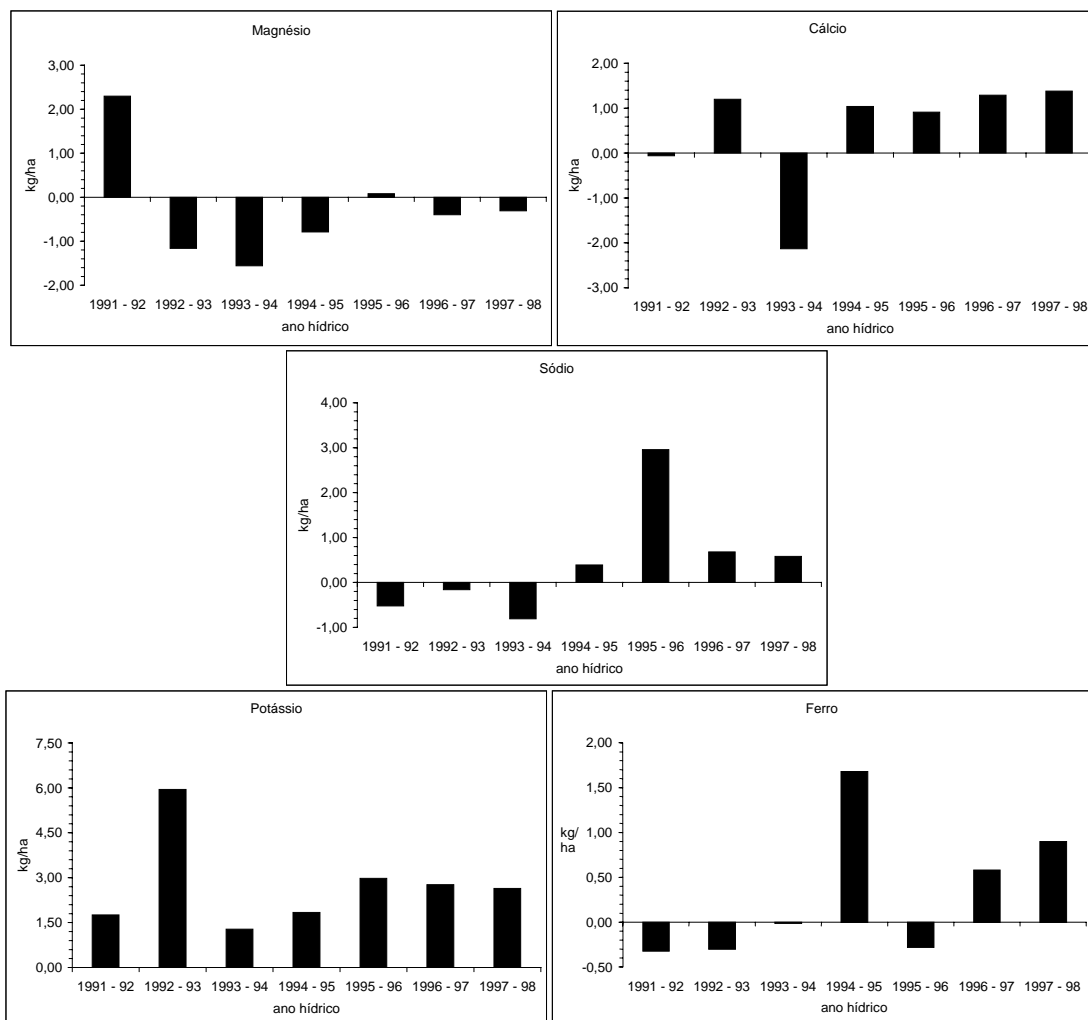


Figura 1. Balanço anual de nutrientes determinado a partir dos resultados de entrada via precipitação e saída via deflúvio para os íons K⁺ Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Fe⁺⁺ e Na⁺⁺ durante o período experimental de setembro de 1991 a agosto de 1998.

(Annual nutrient budget estimated from difference between precipitation inputs and streamflow output for the ions K⁺ Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Fe⁺⁺ and Na⁺⁺ from September 1991 to August 1998).

De forma geral, observou-se uma maior variação no balanço anual de nutrientes para ferro e magnésio, predominando um balanço negativo ao longo do período de estudo. Em termos médios anuais, o balanço geoquímico para os sete anos de observação mostrou um resultado negativo para o Mg.

A alteração na cobertura vegetal aparentemente não causou grande desequilíbrio no balanço geoquímico da microbacia. No primeiro ano após o corte foi observado um balanço geoquímico positivo para K, Ca, Fe e Na, permanecendo negativo para Mg.

De acordo com Lima (1996), a condição de máximo grau de equilíbrio entre o aporte e a saída de nutrientes da microbacia, condição que resulta em maior controle sobre o capital de nutrientes acumulado, coincide com a fase de rápido crescimento da floresta. O balanço positivo observado no primeiro ano após o corte raso pode estar relacionado a este processo, já que a microbacia se caracteriza atualmente pela intensa rebrota do eucalipto na maior parte da sua área.

Outros aspectos importantes a serem considerados na interpretação dos resultados são a forma como foi realizado o corte e a retirada da biomassa.

A colheita foi realizada gradualmente, estendendo-se da segunda quinzena do mês de julho ao final do mês de agosto. Para sua realização, foram utilizados apenas os carreadores já existentes, sem abertura de novas estradas. Espécies nativas pertencentes ao sub bosque foram mantidas na área, assim como todo o material não utilizável, caracterizado pelas folhas e galhos finos. A microbacia já apresentava espessa camada de serapilheira acumulada, que proporcionou proteção ao solo durante a colheita, tendo sido mantida após esta operação.

Outro aspecto considerado importante para a conservação dos nutrientes na microbacia foi a preservação da mata ciliar. Diversos autores

vem destacando o papel dos ecossistemas ripários na conservação dos nutrientes no sítio e na manutenção da qualidade da água dos rios (Delitti, 1989; Hornbeck et al., 1986; Lima, 1989; Peterjohn e Corel, 1984; Rhodes et al., 1985). Entre os processos citados como responsáveis pela atenuação da perda de nutrientes estão a assimilação destes pelas plantas e microorganismos. A maior diversidade de espécies destes ecossistemas pode favorecer a retenção de nutrientes nesta região em relação às áreas de plantio homogêneo devido à sua dinâmica sucessional e à habilidade das diferentes espécies na absorção dos nutrientes.

Pela Figura 2 é possível observar a variação da concentração dos nutrientes K, Ca, Mg, Fe e Na na água do deflúvio e na água do lençol freático, coletada em três poços piezométricos localizados ao longo da mata ciliar em cada uma das margens do riacho Tinga. Pode-se observar um pequeno aumento nas concentrações de nutrientes no primeiro ano após o corte raso, especialmente para o elemento K. Estes resultados dão indicações de que vegetação ripária pode ter contribuído para a manutenção dos nutrientes na microbacia.

Ciclagem biogeoquímica

As equações para determinação da biomassa do plantio de *E.saligna* foram:

Peso seco do tronco:

$$PST = 10.38099 + (-4,638834 * D) + (0,6307953 * D^2)$$

Onde:

PST= peso seco do tronco (Kg)

D = DAP (cm)

O coeficiente de determinação da equação (R^2) foi de 0.9506 e o erro padrão residual de $(S_y.x)^2 = 0.0676$

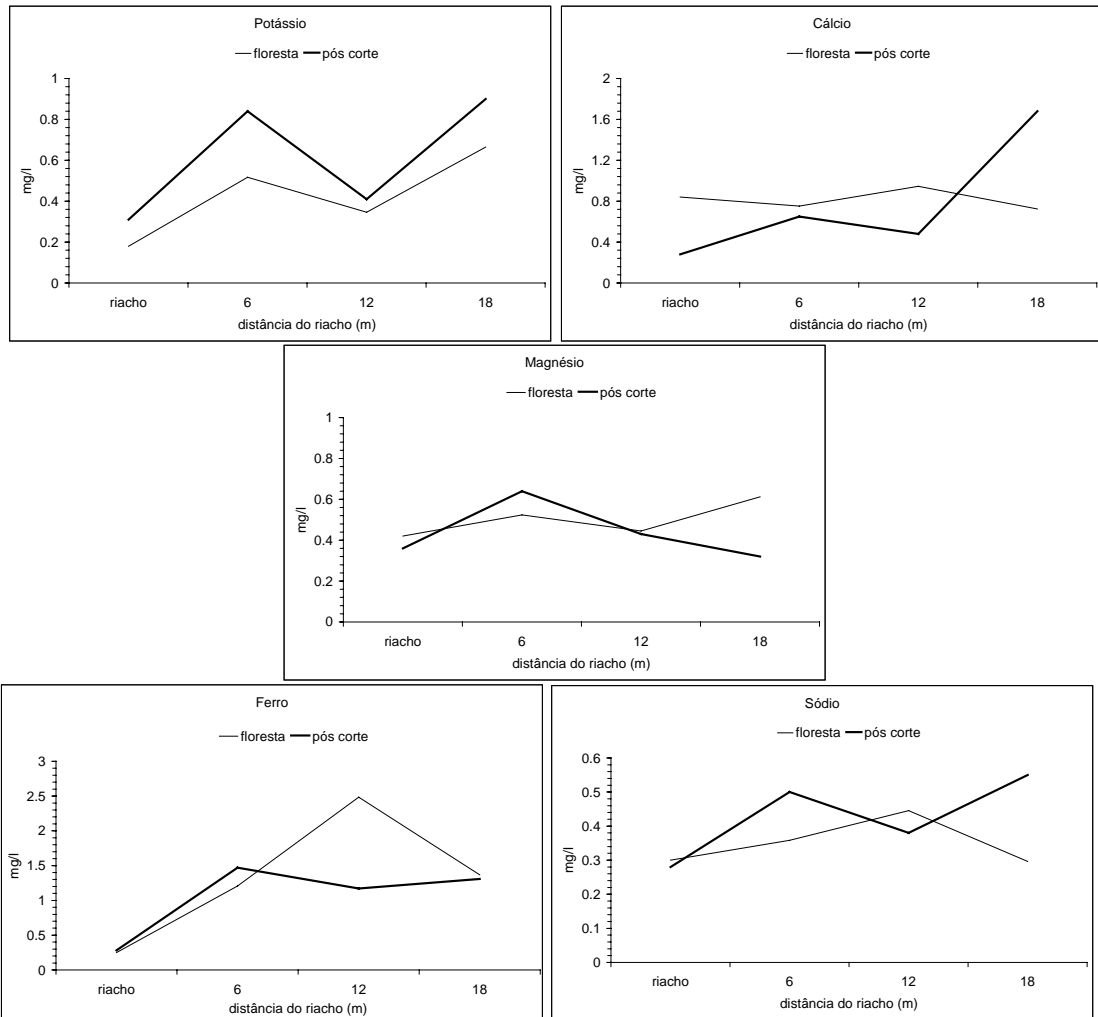


Figura 2. Concentração de nutrientes na água do deflúvio e na água do lençol freático. Resultados médios de 72 amostras mensais coletadas nas baterias de piezômetros A e B no período anterior ao corte raso (floresta) e 12 amostras mensais coletadas após o corte raso (pós corte).

(Nutrient concentrations in the streamflow and in the ground water. Results are averages of 72 monthly samples collected in two piezometer lines during the pre-harvest period and 12 monthly samples collected during the first year after clearcutting).

Peso seco das folhas:

$$PSF = 1,922904 + (-0,4238664 * D) + (0,04024448 * D^2)$$

Onde:

PSF = peso seco das folhas (Kg)

D = DAP (cm)

O coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,6197 e o erro padrão residual $(Sy.x)^2 = 0,03007$.

Em termos de saída de nutrientes, os resultados expressos na Tabela 1 representam o total de nutrientes exportados com a retirada do lenho, bem como os totais que permaneceram na microbacia, representados pelos ramos, galhos finos e fustes de diâmetro inferior a 5 cm (categoria chamada de sobras) e pelas folhas.

Na Tabela 2 estão os valores do balanço biogeoquímico para os 7 anos de estudo.

Read (1981), citado por Lima (1996), observou, em plantações de eucalipto na África do Sul, a formação de uma camada orgânica de 20 cm durante o período de 20 anos sob plantação de *Eucalyptus saligna* em solo degradado.

De acordo com estudo realizado por Vieira (1998), para plantação de eucalipto nas mesmas condições da plantação do presente estudo, também localizada na Estação Experimental de Itatinga, o total de nutrientes disponibilizados anualmente com a deposição da serapilheira em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ tem os resultados estimados na Tabela 3.

Considerando-se estes valores, o material deixado no local após o corte do eucalipto na microbacia do Tinga pode representar um incremento de cinco vezes no total de nitrogênio disponibilizado anualmente pelo processo natural de queda das folhas, 8,26 vezes o total de fósforo, 5,76 vezes a quantidade de potássio, 2,43 vezes o total de cálcio e 4,3 a quantidade de magnésio. Embora os nutrientes alocados neste compartimento sejam disponibilizados a longo prazo e este processo esteja associado a variáveis climáticas, de forma que apenas uma parte retorna efetivamente ao solo e se torna disponível às plantas, ele representa uma importante contribuição em termos de fertilidade do solo. Proporciona, ainda, proteção contra a erosão, processo que também contribui para o empobrecimento do solo.

Um objetivo importante do estudo do balanço de nutrientes está na estimativa dos estoques de nutrientes depositados em cada um dos compartimentos, de forma que se possa planejar adequadamente as novas rotações sem causar impactos sobre a sustentabilidade da produção, nem tampouco utilizar desnecessariamente insumos externos. Dentro dessa perspectiva, um aspecto a ser considerado é o estoque de nutrientes do solo. Na Tabela 4 estão os valores do estoque de nutrientes na

Tabela 1. Estoque de nutrientes na biomassa ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos diferentes compartimentos de *Eucalyptus saligna*

Biomass nutrient amounts ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in the leaves, branches and wood of *Eucalyptus saligna*

	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$				
	N	P	K	Ca	Mg
Tronco (wood)	80	10,32	68,41	67,09	36,13
Folha (leaves)	44,88	3,2	12,82	12,25	7,69
Sobra (branches)	35,13	2,52	17,84	17,29	8,86
Total	160,01	16,04	99,07	96,98	52,5

Tabela 2. Balanço biogeoquímico de nutrientes na microbacia do Tinga em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, para o período de setembro de 1991 a agosto de 1998.

(Biogeochemical nutrient balance in the Tinga catchment ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) during the period September 1991 to August 1998.

	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$		
	K	Ca	Mg
Entradas (inputs)			
Precipitação (rainfall)	19,04	24,5	10,92
Saídas (outputs)			
Deflúvio (streamflow)	7,43	28,94	16,12
Lenho(wood)	68,41	69,07	36,13
Balanço (balance)	-56,80	-73,51	-41,33

Tabela 3. Estimativa da quantidade de nutrientes disponibilizados anualmente com a deposição da serapilheira.

(Estimates of annual nutrient amounts released from litterfall)

	$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$				
	N	P	K	Ca	Mg
	16,30	0,69	5,32	12,16	3,81

Fonte: Vieira, 1998

microbacia do Tinga até a profundidade de 1 m.

A partir dos resultados da Tabela 4, observa-se que as maiores limitações ao cultivo na

área, quando se considera o estoque de nutrientes no solo, estão relacionadas ao Nitrogênio e ao Fósforo.

Vieira (1998), em estudo comparativo entre os estoques de nutrientes em solos sob plantação de *E. grandis* de 6 anos, *E. saligna* em condições semelhantes ao do presente estudo e sob vegetação nativa de cerrado, ambos localizados no Horto de Itatinga, verificou que o solo sob *E. saligna* foi o que apresentou menores estoques totais de N, P, K e Ca. O autor relacionou o aparente esgotamento de nutrientes no solo à grande quantidade de nutrientes exportados nos diversos cortes já realizados.

Mafra (1996) estimou entradas anuais de N e P via precipitação para a região de Botucatu, nas proximidades do município de Itatinga, da ordem de 15,5 e 2,82 kg.ha⁻¹ para os dois nutrientes, respectivamente. Estes valores corresponderiam, quando se considera um período de 7 anos, a entradas da ordem de 108,5 kg. ha⁻¹ de N e 19,74 ha⁻¹ de P. Considerando-se que a plantação em estudo não recebeu qualquer adubação de fonte externa, restringin-

Tabela 4. Estoque de nutrientes trocáveis no solo até a profundidade de 1 m.

(Available exchangeable nutrient amounts in the first 1m soil depth).

Profundidade (depth) cm	Kg/ha				
	P	K	Ca	Mg	N total
0 – 10	6,3	38,71	100,20	60,78	6,00
10 – 30	9,30	114,95	320,64	113,04	10,00
30 - 100	5,70	22,29	114,23	69,28	21,00
Total	21,30	175,95	535,07	243,10	37,00

do-se a entrada de nutrientes no ecossistema à precipitação, uma estimativa geral das entradas e saídas de nutrientes na microbacia durante o período de estudo encontra-se na Tabela 5.

A partir dos resultados da Tabela 5, comparando-se o estoque de nutrientes no solo e a quantidade de nutrientes retirada com o lenho, pode-se concluir que a colheita da biomassa de forma sucessiva levará, em poucos ciclos ao empobrecimento gradativo do solo.

Tabela 5. Estimativas dos valores de entradas de nutrientes via precipitação, saídas via deflúvio para o período de setembro de 1991 a agosto de 1998, saídas com a retirada do lenho, estoque de nutrientes no material que permaneceu na microbacia após o corte raso (folhas e sobras) e estoque de nutrientes no solo da microbacia do Tinga.

(Estimates of nutrient inputs in precipitation and outputs by streamflow from September 1991 to August 1998; outputs by wood harvest, amounts of nutrients left in the catchment after clearcutting (leaves and branches) and total amount of exchangeable nutrient in the first 1 m soil depth).

	Kg.ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
Precipitação (precipitation)	108,5*	19,74*	19,04	24,5	10,92
Deflúvio (streamflow)			7,43	28,94	16,12
Solo (soil)	37,0	21,3	175,95	535,07	243,1
Lenho (wood)	80,0	10,32	68,41	67,09	36,13
Folhas (leaves)	44,88	3,2	12,82	12,25	7,69
Sobras (branches)	35,13	2,52	17,84	17,29	8,86

* Resultados adaptados de Mafra (1996).

* Adapted from Mafra (1996).

Quanto às entradas via precipitação, embora representem um montante significativo de nutrientes, deve-se considerar que a água da chuva passa por vários processos, que podem resultar tanto no enriquecimento, pelo contato com a copa das árvores, como em redução nas

concentrações iônicas, de forma que os valores estimados não se tornem totalmente disponíveis para as plantas. Parte deste total deixa a microbacia através do deflúvio, e volatilização, no caso do nitrogênio.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

A partir dos resultados obtidos, verifica-se a importância da manutenção no campo do material não utilizável industrialmente, devido à contribuição potencial que ele representa ao longo do tempo, especialmente quando se consideram os baixos teores de nutrientes depositados no solo da microbacia. Além disto, ele oferece proteção ao solo contra a erosão.

Uma alternativa para reduzir as saídas de nutrientes da microbacia seria a manutenção, ao longo das áreas de plantio, de bosques em diferentes fases de crescimento. Estas áreas, planejadas dentro dos limites operacionais de cada propriedade, podem contribuir para o melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis através da sua incorporação na biomassa das árvores em crescimento, especialmente aquelas em fases iniciais. Além disso, podem contribuir para melhorar o aspecto paisagístico da propriedade.

De acordo com os resultados obtidos, a colheita da madeira representa a saída de um grande estoque de nutrientes da microbacia. Considerando um intervalo de tempo determinado, quanto menor o espaço de tempo entre uma colheita e outra, maior será a saída total de nutrientes da microbacia durante este período. Desta forma, os ciclos curtos, embora representem maior retorno econômico no curto prazo, podem acelerar o processo de redução da fertilidade do solo. Isto poderá ocorrer não só pela saída dos nutrientes contidos na biomassa comercializada, como também pelas perturbações mais freqüentes causadas ao solo, favorecendo a erosão e limitando a formação da camada orgânica pela deposição da serapilheira, que é importante para a proteção do solo.

AUTORES E AGRADECIMENTOS

CARLA DANIELA CÂMARA é Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciências Florestais pela ESALQ/USP. Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: cdcamara@carpa.ciagri.usp.br

WALTER DE PAULA LIMA é Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: wplima@carpa.ciagri.usp.br

SIMONE APARECIDA VIEIRA é Engenheira Agrônoma, Mestre em Ciências Florestais pela ESALQ/USP. Departamento de Ciências Florestais – ESALQ/USP – Caixa Postal 9 – Piracicaba, SP – 13400-970 – E-mail: savieira@carpa.ciagri.usp.br

Os autores agradecem aos Professores João Luiz Ferreira Batista, Fábio Poggiani e José Luiz Stape do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, ao Eng^o. Rildo Moreira e Moreira e ao Sr. Lourival Firmiano, e aos demais funcionários da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga, ao CNPq e à FAPESP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 1975. 1193p.
- CLARK, A.; SCHROEDER, J.G. Biomass of yellow-poplar in natural stands in wester North Carolina. USDA. **Forest Service SE research paper**, n.165, p.1-41, 1977.
- DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, Campinas, 1989. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.88-98
- HORNBECK, J.W.; MARTIN, C.W.; PIERCE, R.S.; BORMANN, F.H. et al. Clear cutting Northern hardwoods: effects on hydrologic and nutrient ion budgets. **Forest science**, v.32, n.3, p.667-686, 1986.
- HUNTER, I.R.; SMITH, W. Principles of forest fertilization: illustrated by New Zealand experience. **Fertilizer research**, v.43, n.1/3, p.21-29, 1996.
- LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, Campinas, 1989. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.25-42
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: EDUSP, 1996. 301p.
- MAFRA, A.L. **Balço de nutrientes em um sistema agroflorestal no cerrado de Botucatu, SP**. Piracicaba, 1996. 65p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- PESSOTTI, F.E.S. **Levantamento detalhado dos solos do Horto de Itatinga**. Piracicaba: ESALQ: Departamento de Ciências Florestais, 1994. 105p.
- PETERJOHN, W.T; COREL, D.L. Nutrient dynamics in na agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. **Ecology**, v.5, n.65, p.1466-1475, 1984.
- POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. Piracicaba, 1985. 211p. Tese (Livre-docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade das florestas plantadas. In: FUNDAÇÃO CETEC. **Gaseificação da madeira e carvão vegetal**. Belo Horizonte, 1981. p.25 - 33
- RHODES, J.; SKAU, C.M.; GREENLEE, D. et al. Quantification of nitrate uptake by riparian forests and wetlands in an undisturbed headwaters watershed. USDA. **Forest Service. RM general technical report**, n.120, 1985.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SCARDUA, F.P. **Caracterização hidrológica de uma microbacia hidrográfica experimental da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga**. Piracicaba, 1994. 93p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo
- VIEIRA, S.A. **Efeito das plantações florestais (*Eucalyptus* sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1998. 74p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- VITAL, A.R.T. **Efeito do corte raso no balanço hídrico e na ciclagem de nutrientes em uma microbacia reflorestada com eucalipto**. Piracicaba, 1996. 106p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo

