

IPEF n.27, p.17-30, ago.1984

## Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos<sup>1</sup>

FABIO POGGIANI

ESALQ-USP. Depto. de Silvicultura, C.P. 9, Piracicaba-SP

SILAS ZEN

Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal, ESALQ/USP<sup>2</sup>

FLÁVIO SÉRGIO MENDES

FÁBIO SPINA-FRANÇA

IPEF, C.P. 9 - Piracicaba-SP

RESUMO - No Brasil, graças às condições ecológicas favoráveis, foram obtidos resultados excepcionais em termos de produtividade florestal, principalmente com espécies do gênero *Eucalyptus*. Talhões experimentais de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla* foram plantados nos espaçamentos de 1,0 x 1,5 m, 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m, próximos à cidade de Três Lagoas (Mato Grosso do Sul). O clima da região caracteriza-se por varões quentes e chuvosos, com temperaturas médias de 24°C e invernos com longos períodos de secas e raras ocorrências de geadas. A área é constituída por um Latossolo vermelho-escuro de textura arenosa e baixa fertilidade. Os talhões foram cortados com dois anos e meio de idade fornecendo, por hectare, quantidades de biomassa arbórea que variaram de 17,8 toneladas (*E. saligna* - 2,0 x 1,5 m) a 41,5 toneladas (*E. urophylla* - 2,0 x 1,5 m). Com o corte e a exploração das árvores inteiras no talhão de *E. urophylla*, no espaçamento de maior produtividade (2,0 x 1,5 m), foram exportadas as seguintes quantidades de nutrientes (kg/ha): 205 de N, 18 de P, 73 de K, 112 de Ca e 47 de Mg. Considerando-se apenas a exploração tradicional do tronco do mesmo talhão, foram exportados os seguintes elementos (kg/ha): 54,8 de N, 6,7 de P, 17,2 de K, 42,5 de Ca e 17,3 de Mg, para uma biomassa lenhosa de 27,5 toneladas. Foi observado, ainda, que o *E. grandis* é a espécie que apresenta a maior eficiência na utilização dos nutrientes (kg de biomassa produzida / 1g de nutrientes acumulados). A queda do folheto nos povoamentos estudados de *E. saligna* e *E. grandis* gira ao redor de 4 t/ha/ano, sendo que a deposição mais intensa ocorre nos meses de verão. Ambos os povoamentos depositaram aproximadamente 36 kg de N, 2 kg de P, 7 kg de K, 25 kg de Ca e 8 kg de Mg. Face à baixa fertilidade do solo e à grande quantidade de nutrientes exportados pela utilização das rotações mais curtas e dos resíduos florestais, torna-se necessária uma suplementação com adubos minerais para se manter a produtividade futura do sítio florestal. Os resultados que deverão ser coletados aos 5 e 7,5 anos de idade, por ocasião do corte das outras parcelas experimentais, deverão dar uma resposta quando à vantagem da utilização de rotações curtas para as florestas energéticas.

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no Simpósio: Energia da Biomassa Florestal, Convênio CESP/IPEF, São Paulo, novembro, 1983.

<sup>2</sup> Endereço atual: Cia. Suzano de Papel e Celulose, Itapetininga - SP

**ABSTRACT** - The favorable ecological conditions in Brazil promote an exceptional growth of forest stands planted with several species, mainly of the genus *Eucalyptus*. Experimental stands of *E. grandis*, *E. saligna* and *E. urophylla* were planted with the following initial spacing: 1,0 x 1,5m, 2,0 x 1,5m and 3,0 x 1,5m, in an area previously occupied by Cerrado (Brazilian savanna) near the city of Três Lagoas (Mato Grosso do Sul). The typical climate of the region presents hot and rainy summers, when the average temperature is around 24°C, and dry winter from July to September, with occasional frost. The soil in the stand is a sandy Latosol with low content of available nutrients. The stands, harvested at 2,5 years of age, produced different amounts of biomass. The lowest production was observed in *E. saligna* stand with 17,8 t in the spacing 2,0 x 1,5m, and the highest in *E. urophylla*, spacing 2,0 x 1,5 m with 41,5 t per hectare. With the harvesting of total trees of *E. urophylla* stand, in the spacing that presented the highest productivity, the following amounts of nutrients per hectare were removed from the site: 205 kg of N, 18 kg of P, 73 kg of K, 112 kg of Ca and 47 kg of Mg. If considered the nutrient removal only by stem utilization, from the same stand of *E. urophylla* it would be removed 27,5 t of woody biomass with the following contents of nutrients per hectare: 54,8 kg of N, 6,7 kg of P, 17,2 kg of K, 42,5 of Ca and 13,7 kg of Mg. It was also observed that *E. grandis* is the species with the best efficiency for nutrient utilization (biomass produced / nutrients accumulated), but with median productivity. The leaf-fall in the *E. grandis* and *E. saligna* stands was around 4,1 t per ha/year, with a more intensive deposition during the summer, from December to February. In both stands it was observed a similar deposition of nutrients (kg/ha/year): 36 of N, 2 of P, 7 of K, 25 of Ca and 8 of Mg. Considering the low content of available nutrients in the soil and the short rotations, it will be necessary to supply the large removal of nutrients with mineral fertilization to ensure the productivity of the forest site for the future. Present data indicate that harvesting *Eucalyptus* stands at the age of 2,5 years, mainly with total tree utilization, causes a strong removal of nutrients from the site. However, only after harvesting the stands at 5 and 7,5 years old will be possible to evaluate the profit of short rotation.

## INTRODUÇÃO

O manejo intensivo de florestas plantadas pode aumentar significativamente a produção de biomassa, mas ao mesmo tempo provoca uma maior remoção de nutrientes do sítio.

De acordo com o conceito já estabelecido (POGGIANI, 1979) entende-se por mini-rotação uma plantação florestal de ciclo muito curto (2 a 4 anos), incluindo uma preparação intensiva do solo, a utilização de espaçamentos menores do que os tradicionais, fertilização, o plantio de árvores de rápido crescimento geneticamente selecionadas. O objetivo final consiste na exploração das árvores inteiras, ou seja, tronco, folhas, galhos e, às vezes, até raízes.

Plantações florestais de elevada densidade arbórea (até 15.000 árvores/ha) como têm sido testadas no Sul dos Estados Unidos (STEINBECK et alii, 1972) com pesada adubação e alguns casos até irrigação tem demonstrado um grande potencial para fins energéticos. Nestes tipos de plantações florestais em região temperadas, tem sido assinalada uma produção média anual de biomassa que varia de 4 a 9 t/ha, tanto através do alto fuste com um novo plantio após o corte (reforma), como através do sistema talhadia aproveitando a brotação das touças.

Alguns autores, citados por HANSEN & BAKER (1979) assinalam para as árvores dos gêneros *Populus*, *Liquidambar* e *Platanus*, plantadas em mini-rotações, produções médias anuais que giram em torno de 5 a 7 t/há de biomassa. Segundo estes autores, uma produção acima de 20 t/ha/ano é considerada como muito elevada.

No Brasil graças às condições favoráveis existentes tem-se obtido resultados excepcionais com espécies do gênero *Eucalyptus*, o que torna a biomassa florestal uma alternativa energética relevante.

POGGIANI (1981) assinala que no Estado de São Paulo plantações convencionais do gênero *Eucalyptus* em solos de baixa fertilidade podem produzir em torno de 13 t/ha/ano de biomassa sem cuidados especiais no plantio.

POGGIANI (1983) também registrou uma produção elevada de fitomassa numa plantação energética de *Eucalyptus grandis* no espaçamento de 1,0 x 1,5m adubada com 150 g de NKK (10:28:6) por planta, em Bom Despacho, MG, nas dependências da Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara. Nesta plantação a produção foi de 85 t/há aos 2,5 anos de idade, incluindo toda a biomassa acima do solo.

As culturas florestais intensivas são, portanto, de grande interesse do ponto de vista energético; contudo, em termos silviculturais é sempre necessário pensar a longo prazo, tendo em vista a grande exportação de nutrientes no sítio, quando se pretende utilizar além do tronco, também a copa das árvores. Esta, conforme a idade, pode conter mais de 50% dos nutrientes da biomassa.

Neste sentido, é fundamental fazer um balanço nutricional completo, estimando-se a biomassa exportada, o folheto produzido e os nutrientes exportados e reciclados ao longo das rotações. Os dados obtidos são indispensáveis para se avaliar de forma crítica os custos do processo de implantação e de adubação face à energia produzida.

É preciso lembrar ainda que os solos utilizados para o florestamento são geralmente muito pobres e, às vezes, sujeitos à forte erosão e lixiviação. Desta forma, as intervenções sucessivas com máquinas pesadas devem ser estudadas quanto aos seus efeitos sobre as propriedades edáficas (POGGIANI et alii, 1979).

## OBJETIVOS

Constituiu objetivo principal desta pesquisa estimar a biomassa produzida e a exportação de nutrientes, por ocasião do corte de plantações energéticas efetuadas com o suporte financeiro do Convênio CESP-IPEF na região de Três Lagoas, MS.

Estimou-se ainda a deposição mensal de nutrientes através da queda do folheto nos diferentes tratamentos.

Procurou-se finalmente estabelecer uma relação entre a entrada de nutrientes no sítio através da adubação e a saída dos mesmos através da exploração florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

### a) Caracterização do clima da região

A região de Três Lagoas no Estado do Mato Grosso do Sul, localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: Latitude 20°47'S e Longitude de 51°39'W. De acordo com a classificação de Köppen enquadra-se no tipo "Awa" que é o clima característico de

cerrado (savana), com verão quente e úmido e inverno seco. Podem ocorrer geadas esporádicas nos meses mais frios do ano. A altitude da região gira em torno de 350 m.

Deve-se notar que a área experimental, por estar às margens da Represa de Jupia, pode apresentar, mesmo no inverno, teores de umidade mais elevados do que os característicos da região longe da represa.

O diagrama climático da região de Três Lagoas, elaborado segundo WALTER (1977) com os dados climáticos fornecidos pela própria CESP, possui as características apresentadas na Figura 1.

Nota-se um período de seca durante os meses mais frios de junho, julho e agosto, havendo uma pluviosidade superior ao 100 mm mensais nos meses de outubro a março. A precipitação média anual gira em torno de 1.200 mm.

Considerando, todavia, que o plantio dos talhões experimentais foi realizado em março de 1980 e o primeiro corte após 30 meses, é importante analisar mais detalhadamente os dados de chuvas mensais e de temperaturas médias observadas nos anos de 1981 e de 1982.

Verifica-se que 1981 foi um ano de seca pronunciada nos meses de maio, julho, agosto e setembro e com um total de chuva de apenas 983 mm. Durante este ano foi registrada, também, uma forte geada na madrugada do dia 21 de julho, quando a temperatura atingiu 0,8°C. Por outro lado, o ano de 1982 apresentou elevada pluviosidade (1.370 mm) e ausência de geadas, o que, sem dúvida, contribuiu para estimular o crescimento das plantações florestais.

**FIGURA 1.** Temp. Média Anual 23,6°C  
Precipitação Média Anual 1268,3 mm  
(1973 - 1981)

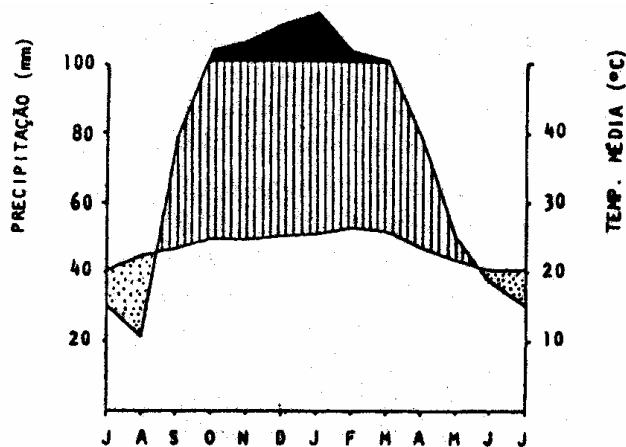


Diagrama climático na região de Três Lagoas-MS, próximo à Represa de Jupia, local dos experimentos (dados fornecidos pela CESP). A área pontilhada representa o período de seca. A área achuriada verticalmente, o período úmido. A área preta representa os meses cuja pluviosidade média está acima de 100 mm. Neste caso acima de 100 mm, a escala é reduzida para 1/10 do valor real.

## b) Caracterização do solo e da área experimental

A área experimental situa-se às margens da Represa Jupuíá. Trata-se de um solo suavemente ondulado, previamente recoberto por vegetação de cerrado, formação esta que ocupa grande parte desta região do Estado do Mato Grosso do Sul.

A área onde estão situados os plantios apresenta uma inclinação suave em direção à represa que talvez possa alterar o nível de lençol freático do topo em relação à baixada.

A classificação final a nível de grande grupo resulta num Latossolo Vermelho Escuro, textura arenosa (Departamento de Solos e Fertilizantes - ESALQ/USP).

No local foram escavadas diversas trincheiras com o objetivo de analisar e classificar o solo. De acordo com a classificação efetuada "os perfis são análogos", havendo pequena variação entre eles. Com o objetivo de ilustrar as características do solo reproduzimos os valores granulométricos e de fertilidade encontrados na trincheira aberta no ponto mais próximo dos talhões experimentais. (Tabela 1).

Nota-se que se trata de um solo com teor de areia acima de 80% e, conseqüentemente, com baixa capacidade de retenção de água e fortemente lixiviável.

O teor de matéria orgânica também é baixo sendo que o nível mais elevado se encontra no perfil superficial em virtude da deposição de folheda, proporcionada pela vegetação de cerrado pré-existente.

Da maneira geral, trata-se de um solo de fertilidade muito baixa e ácido. Cuidados especiais serão necessários para manter a produtividade do sítio e evitar a degradação do solo ao longo do tempo.

## c) Os talhões experimentais

O estudo de produção de biomassa e ciclagem de nutrientes foi efetuado em uma área experimental especialmente instalada utilizando-se as espécies de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* nos seguintes espaçamentos: 1,0 x 1,5m; 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m. A adubação foi efetuada com 333 kg/ha na formulação de NPK (10:28:6) aplicada no sulco de plantio em filete contínuo para todos os tratamentos. O experimento constitui-se, portanto, em 12 tratamentos com 4 repetições (parcelas). Cada parcela com 720 m<sup>2</sup>. Para reduzir ao mínimo o número de falhas foi aplicada a irrigação durante o plantio e o replantio. A densidade arbórea inicial foi, portanto, de 6.666 árvores por hectare no menor espaçamento de 1,0 x 1,5 m, de 3.333 árvores por hectare no espaçamento de 2,0 x 1,5 m e de 2.222 árvores por hectare no espaçamento de 3,0 x 1,5 m.

**TABELA 1. Caracterização granulométrica e química do solo da área de Jupiá, local onde foram instalados os talhões experimentais.**

AMOSTRA PROFUND. (cm)	ARGILA ÁGUA (%)	ARGILA CALGON (%)	AREIA TOTAL (%)	LIMO (%)	pH	C (%)	TEOR TROCÁVEL EM MILIEQUIVALENTES / 100g TERRA					
							PO <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>
0 - 16	7,6	9,6	85,9	4,5	5,4	0,48	0,03	0,02	0,88	0,36	0,08	1,60
16 - 54	11,4	12,6	83,0	4,4	5,3	0,39	0,01	0,01	0,34	0,21	0,20	1,76
54 - 88	9,6	11,4	86,4	2,2	5,3	0,18	0,01	0,01	0,40	0,09	0,16	1,44
88 - 123	11,7	15,4	80,9	2,7	5,2	0,12	0,02	0,01	0,25	0,06	0,24	1,36
123 - 167	8,6	15,0	80,0	5,0	5,0	0,07	0,01	0,01	0,12	0,05	0,28	1,55

A cada 6 meses foram registradas as seguintes observações: crescimento em altura e diâmetro, volume cilíndrico e porcentagem de falhas.

#### d) Estimativa da biomassa aos 30 meses

Para se estimar a biomassa em cada espécie e tratamento foi efetuado um inventário prévio em parcelas de 400m<sup>2</sup> desprezando-se a bordadura.

Para se estimar o peso seco das árvores foi feita uma distribuição das mesmas em 5 classes de diâmetro. Foram utilizadas para cada tratamento 20 árvores que foram individualmente pesadas no campo quanto aos seus componentes: folhas, galhos, casca e lenho. Medindo-se o teor de umidade das folhas e dos galhos foi estimado o peso seco das mesmas.

Para se calcular o peso da casca e do lenho foram retirados vários discos dos troncos em diferentes alturas. O material foi levado ao laboratório para se medir a densidade básica e, conseqüentemente, conhecendo-se o volume de cada tronco, foi possível se estimar o peso do lenho e da casca.

Com os dados das 20 árvores derrubadas em cada tratamento e com o auxílio do computador foram determinadas as equações de regressão mais significativas para cada componente das árvores. As equações aplicadas às medições de altura e diâmetro registradas nos inventários deram a estimativa do peso da biomassa por tratamento e para os diversos componentes.

## RESULTADOS

#### Produção de biomassa aos 30 meses

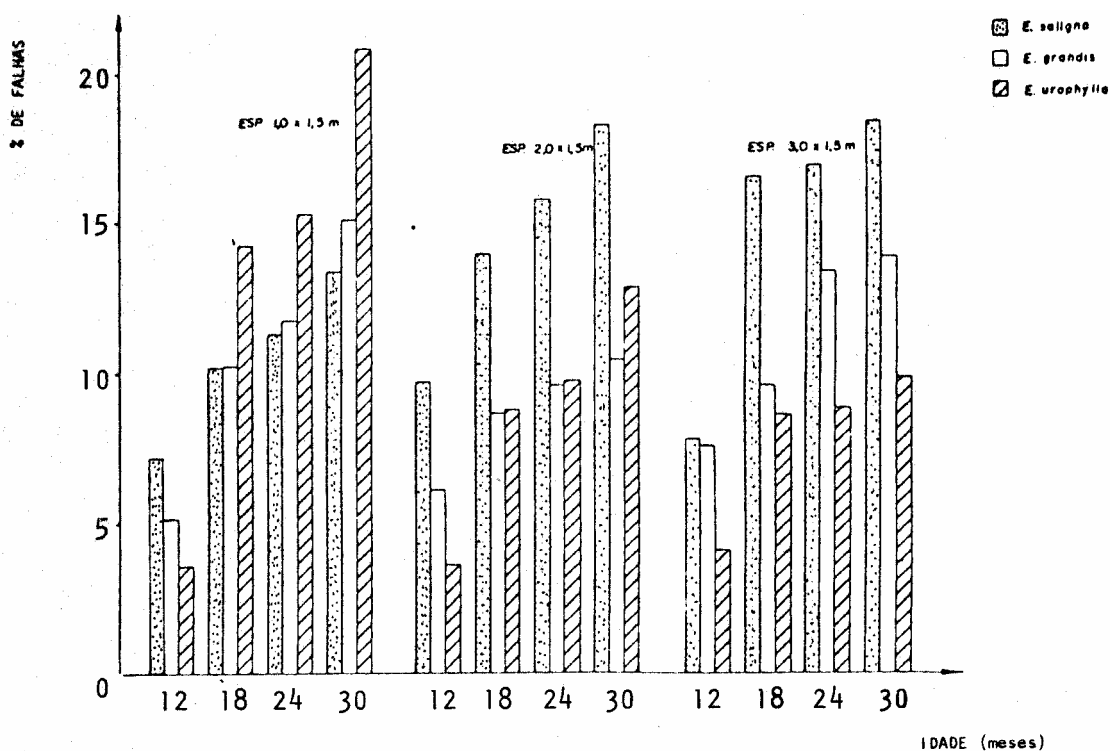
A produção de biomassa em povoamentos florestais depende basicamente de luz, água e suprimento adequado de nutrientes. É imprescindível, contudo, que as espécies utilizadas estejam adaptadas ao clima, ao solo e às condições ambientais que os diferentes espaçamentos podem proporcionar.

Observa-se, através do gráfico da Figura 2, que durante o crescimento as espécies de eucaliptos apresentaram porcentagem de falhas diferentes: até os 12 meses o *E. urophylla* é a que apresentou a maior sobrevivência em todos os espaçamentos; contudo, aos 18 meses, após a ocorrência de um longo período de seca e de geada, o comportamento das espécies

sofreu uma alteração, sendo que o *E. urophylla* apenas apresentou a menor porcentagem de falhas no espaçamento mais amplo de 3,0 x 1,5 m.

A produção de biomassa está expressa na Tabela 2 com os valores especificados para os diferentes componentes da árvore. O gráfico da Figura 3 evidencia de forma clara a distribuição de biomassa nos componentes dos talhões e a supremacia do *E. urophylla* sobre as outras espécies, principalmente no espaçamento de 2,0 x 1,5m, onde a produção de biomassa atingiu 41 toneladas aos 2,5 anos de idade.

**FIGURA 2. Aumento da porcentagem de falhas durante o crescimento de acordo com a espécie e o espaçamento.**

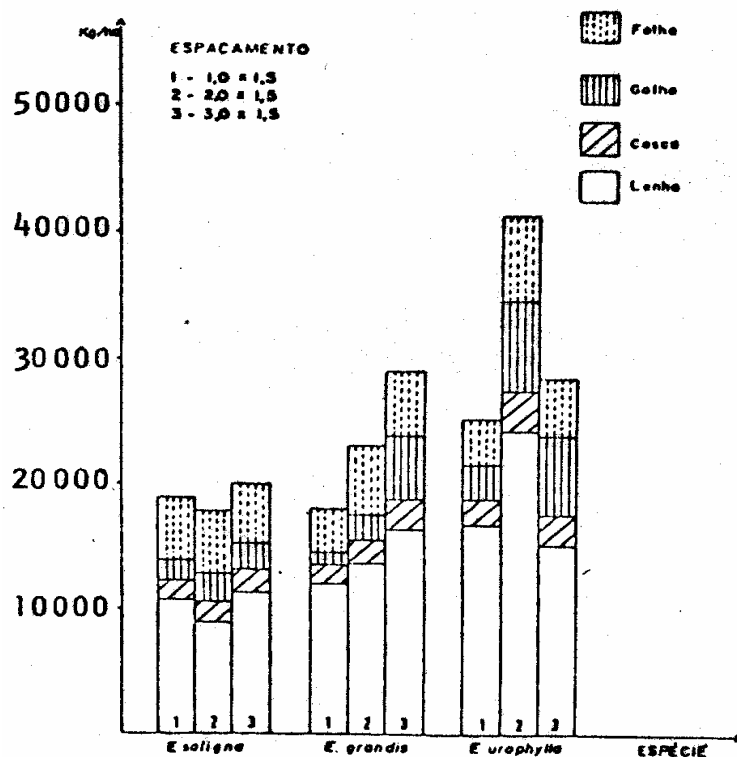


**TABELA 2. Biomassa produzida no primeiro corte dos povoamentos aos 2,5 anos de idade (peso seco kg/ha)**

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	COMPONENTES DA ÁRVORE				TOTAL
		FOLHAS	RAMOS	CASCA	LENHO	
<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	5.010,00	1.670,00	1.560,00	10.730,00	18.970,00
	2,0 x 1,5	5.010,00	2.280,00	1.670,00	8.900,00	17.860,00
	3,0 x 1,5	4.810,00	2.100,00	1.800,00	11.320,00	20.030,00
<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	3.680,00	930,00	1.560,00	12.040,00	18.210,00
	2,0 x 1,5	5.530,00	1.920,00	2.010,00	13.620,00	23.080,00
	3,0 x 1,5	5.690,00	4.510,00	2.390,00	16.430,00	29.020,00
<i>E. urophylla</i>	1,0 x 1,5	3.630,00	2.660,00	2.070,00	16.850,00	25.210,00
	2,0 x 1,5	6.740,00	7.220,00	3.290,00	24.210,00	41.460,00
	3,0 x 1,5	3.980,00	5.780,00	2.340,00	15.240,00	28.340,00

Nota: Fuste com diâmetros menores que 3 cm foram considerados como galhos.

FIGURA 3.



Biomassa seca (kg/ha) exportada por ocasião do primeiro corte dos talhões com 2,5 anos de idade.

Conteúdo de nutrientes



As Tabelas 3, 4 e 5 mostram as concentrações de nutrientes encontrados nos componentes das árvores em função das espécies e dos espaçamentos. Nota-se que o teor de nitrogênio é cerca de 15 vezes menor no lenho do que nas folhas. Por outro lado, surpreende o fato de que o teor de Fósforo, Potássio e Cálcio são freqüentemente mais elevados na casca do que nas folhas.

**TABELA 3. Concentração média de nutrientes nos componentes da biomassa para o *E. saligna* com diferentes espaçamentos.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	1,52	0,093	0,39	0,37	0,24
	2,0 x 1,5	1,28	0,088	0,35	0,37	0,25
	3,0 x 1,5	1,54	0,088	0,36	0,48	0,28
Ramos	1,0 x 1,5	0,33	0,059	0,18	0,23	0,07
	2,0 x 1,5	0,38	0,052	0,17	0,31	0,12
	3,0 x 1,5	0,35	0,055	0,17	0,28	0,10
Casca	1,0 x 1,5	0,33	0,119	0,46	0,69	0,22
	2,0 x 1,5	0,37	0,128	0,41	0,69	0,23
	3,0 x 1,5	0,36	0,114	0,47	0,92	0,25
Lenho	1,0 x 1,5	0,13	0,006	0,049	0,05	0,02
	2,0 x 1,5	0,14	0,020	0,062	0,04	0,02
	3,0 x 1,5	0,16	0,010	0,052	0,05	0,02

**TABELA 4. Concentração média de nutrientes nos componentes da biomassa para *E. grandis* em diferentes espaçamentos.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	1,75	0,101	0,41	0,49	0,28
	2,0 x 1,5	1,76	0,103	0,41	0,51	0,33
	3,0 x 1,5	1,74	0,086	0,36	0,56	0,34
Ramos	1,0 x 1,5	0,30	0,045	0,21	0,24	0,08
	2,0 x 1,5	0,30	0,049	0,17	0,22	0,09
	3,0 x 1,5	0,31	0,045	0,12	0,20	0,07
Casca	1,0 x 1,5	0,35	0,106	0,52	0,56	0,18
	2,0 x 1,5	0,34	0,100	0,51	0,73	0,22
	3,0 x 1,5	0,36	0,119	0,44	0,63	0,22
Lenho	1,0 x 1,5	0,11	0,006	0,04	0,05	0,02
	2,0 x 1,5	0,12	0,011	0,06	0,06	0,02
	3,0 x 1,5	0,11	0,009	0,05	0,05	0,02

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentados individualmente os conteúdos de elementos químicos na biomassa das 3 espécies de eucalipto em função dos espaçamentos.

e) Estimativa da exportação de nutrientes por ocasião do corte aos 30 meses

De cada componente das árvores foram retiradas amostras, de acordo com YOUNG & CARPENTER (1976), que levadas ao laboratório de Ecologia Aplicada do Departamento de Silvicultura - ESALQ/USP foram secas a 80°C, até peso constante, moídas e analisadas quanto à concentração dos elementos N, P, K, Ca, Mg, de acordo com SARRUGE & HAAG (1974).

**TABELA 5. Concentração média de nutrientes nos componentes da biomassa para o *E. urophylla* em diferentes espaçamentos.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	1,86	0,122	0,53	0,77	0,40
	2,0 x 1,5	1,81	0,112	0,54	0,60	0,37
	3,0 x 1,5	1,61	0,114	0,51	0,69	0,39
Ramos	1,0 x 1,5	0,38	0,058	0,32	0,48	0,14
	2,0 x 1,5	0,40	0,052	0,28	0,40	0,12
	3,0 x 1,5	0,50	0,070	0,28	0,36	0,16
Casca	1,0 x 1,5	0,45	0,120	0,48	1,00	0,26
	2,0 x 1,5	0,43	0,132	0,34	0,78	0,24
	3,0 x 1,5	0,46	0,149	0,39	0,78	0,31
Lenho	1,0 x 1,5	0,15	0,010	0,03	0,06	0,02
	2,0 x 1,5	0,17	0,010	0,03	0,07	0,02
	3,0 x 1,5	0,20	0,011	0,03	0,04	0,02

A concentração média observada em cada componente, em função da classe de diâmetro, foi multiplicada pela biomassa do respectivo componente para se estimar o conteúdo total de cada elemento a ser exportado por ocasião da exploração.

f) Estimativa da deposição de folheto e nutrientes nos tratamentos de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*.

O folheto procedente da copa nos diversos tratamentos era coletado em telas de náilon de 0,5 x 0,5 m com malha de 1mm suspensas a 50 cm acima do nível de solo, sendo distribuídas de forma casualizada nas 4 repetições de cada tratamento na proporção de uma tela para cada 190m<sup>2</sup> de área florestada.

Mensalmente as folhas decíduas depositadas sobre as bandejas eram coletadas, secas a 80°C e pesadas. Posteriormente as folhas eram misturadas e da amostra total eram retiradas 5 amostras para análise química de acordo com a metodologia expressa no item (e).

Os valores médios das concentrações obtidas de cada elemento eram multiplicados pelas quantidades médias mensais de folheto depositado e, desta forma, podia-se estimar a deposição dos nutrientes através da queda das folhas em cada talhão florestal.

Na Tabela 9 estão representados os valores indicativos do conteúdo de cada elemento e da respectiva porcentagem na amostra das 3 espécies de eucaliptos. Verifica-se

que a participação do nitrogênio varia entre 42 e 50%, do fósforo de 3,7 a 4,8%, do potássio de 15 a 17,5%, do cálcio de 19 a 27%, e do magnésio de 9,3 a 11,4%.

Na Tabela 10 são apresentados os valores totais dos macro-elementos (N, P, K, Ca e Mg) retirados do sítio por ocasião da utilização integral das árvores. Como era de se esperar, os maiores valores estão diretamente relacionadas com a quantidade de biomassa produzida.

**TABELA 6. Nutrientes exportados através da exploração de cada componente das árvores de *E. saligna* em função do espaçamento.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	76,15	4,66	19,54	18,54	12,02
	2,0 x 1,5	64,13	4,41	17,54	18,54	12,53
	3,0 x 1,5	74,07	4,23	17,32	23,09	13,47
Ramos	1,0 x 1,5	5,51	0,99	3,01	3,84	1,24
	2,0 x 1,5	8,66	1,19	3,88	7,07	2,74
	3,0 x 1,5	7,35	1,16	3,57	5,88	2,06
Casca	1,0 x 1,5	5,62	1,86	7,18	10,76	3,43
	2,0 x 1,5	6,18	2,14	6,85	11,52	3,84
	3,0 x 1,5	6,48	2,05	8,46	16,56	4,50
Lenho	1,0 x 1,5	13,95	0,64	5,26	5,15	2,15
	2,0 x 1,5	12,46	1,78	5,52	3,74	1,78
	3,0 x 1,5	18,11	1,13	5,89	5,89	2,26

**TABELA 7. Nutrientes exportados através da exploração de cada componente das árvores de *E. grandis* em função do espaçamento.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	64,40	3,72	15,16	17,88	10,16
	2,0 x 1,5	97,33	5,69	22,78	28,20	18,25
	3,0 x 1,5	99,01	4,89	20,71	31,75	19,23
Ramos	1,0 x 1,5	2,79	0,42	1,99	2,21	0,78
	2,0 x 1,5	5,76	0,94	3,19	4,26	1,77
	3,0 x 1,5	13,98	2,03	5,41	8,84	3,34
Casca	1,0 x 1,5	5,46	1,65	8,11	8,67	2,87
	2,0 x 1,5	6,83	2,01	10,29	14,71	4,42
	3,0 x 1,5	8,60	2,84	10,61	15,10	5,21
Lenho	1,0 x 1,5	13,73	0,75	5,18	5,78	2,65
	2,0 x 1,5	16,34	1,50	7,76	8,17	3,00
	3,0 x 1,5	18,73	1,41	8,05	8,87	3,29

**TABELA 8. Nutrientes exportados através da exploração de cada componente das árvores de *E.urophylla* em função do espaçamento.**

COMPONENTE	ESPAÇAMENTO	ELEMENTOS				
		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Folhas	1,0 x 1,5	67,59	4,43	19,38	27,95	14,37
	2,0 x 1,5	121,72	7,55	36,40	40,71	24,67
	3,0 x 1,5	80,08	5,68	25,40	34,36	19,32
Ramos	1,0 x 1,5	10,00	1,54	8,41	12,77	3,62
	2,0 x 1,5	28,88	3,75	19,93	28,74	8,52
	3,0 x 1,5	28,90	4,05	16,42	20,58	9,13
Casca	1,0 x 1,5	9,40	2,48	9,89	20,78	5,42
	2,0 x 1,5	14,21	4,34	11,05	25,60	7,90
	3,0 x 1,5	10,86	3,49	9,08	18,25	7,21
Lenho	1,0 x 1,5	25,61	1,69	5,06	10,45	4,04
	2,0 x 1,5	40,67	2,42	6,29	16,95	5,81
	3,0 x 1,5	28,87	1,68	4,27	6,10	2,74

**TABELA 9. Conteúdo total de nutrientes nas árvores das 3 espécies de eucaliptos em função dos espaçamentos.**

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	N		P		K		Ca		Mg	
		Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	101,23	50,24	8,15	4,04	34,99	17,36	38,29	19,00	18,84	9,35
	2,0 x 1,5	91,43	46,53	9,52	4,84	33,79	17,20	40,87	20,80	20,89	10,63
	3,0 x 1,5	106,01	47,43	8,57	3,83	35,24	15,77	51,42	23,00	22,29	9,97
<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	86,38	49,54	6,53	3,75	30,44	17,46	34,54	19,81	16,46	9,44
	2,0 x 1,5	126,26	47,97	10,14	3,85	44,02	16,72	55,34	21,03	27,44	10,43
	3,0 x 1,5	140,32	48,07	11,17	3,83	44,78	15,34	64,56	22,12	31,07	10,64
<i>E. urophylla</i>	1,0 x 1,5	112,60	42,51	10,14	3,83	42,74	16,14	71,95	27,16	27,45	10,36
	2,0 x 1,5	206,48	45,05	18,06	3,96	73,67	16,15	112,00	24,56	46,90	10,28
	3,0 x 1,5	148,71	44,20	14,90	4,43	55,17	16,40	79,29	23,57	38,40	11,41

**TABELA 10. Exportação de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) por ocasião do primeiro corte dos povoamentos aos 2,5 anos de idade (kg/ha)**

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	COMPONENTES DA ÁRVORE				TOTAL
		FOLHAS	RAMOS	CASCA	LENHO	
<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	130,91	14,59	28,85	27,15	201,50
	2,0 x 1,5	117,15	23,54	30,53	25,28	196,50
	3,0 x 1,5	132,18	20,02	38,05	33,28	223,53
<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	111,32	8,19	26,76	28,09	174,36
	2,0 x 1,5	172,25	15,92	38,26	36,77	263,20
	3,0 x 1,5	175,59	33,60	42,36	40,35	291,90
<i>E. urophylla</i>	1,0 x 1,5	133,72	36,34	47,97	46,85	264,88
	2,0 x 1,5	231,05	89,82	63,10	72,14	456,11
	3,0 x 1,5	164,84	79,08	48,89	43,66	336,47

**TABELA 11. Percentuais de biomassa e macronutrientes nos diferentes componentes das árvores.**

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	COMPONENTES DA ÁRVORE							
		FOLHAS		RAMOS		CASCA		LENHO	
		Biomassa (%)	Macronutr. (%)	Biomassa (%)	Macronutr. (%)	Biomassa (%)	Macronutr. (%)	Biomassa (%)	Macronutr. (%)
<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	26,41	64,97	8,80	7,24	8,22	14,32	56,56	13,47
	2,0 x 1,5	28,05	59,62	12,77	11,98	9,35	15,54	49,83	12,87
	3,0 x 1,5	24,01	59,13	10,48	8,96	8,96	17,02	56,52	14,89
<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	20,21	63,84	5,11	4,70	8,57	15,35	66,12	16,11
	2,0 x 1,5	23,96	65,44	8,32	6,05	8,71	14,54	59,01	13,97
	3,0 x 1,5	19,61	60,15	15,54	11,51	8,24	14,51	56,62	13,82
<i>E. urophylla</i>	1,0 x 1,5	14,40	50,48	10,55	13,72	8,21	18,11	66,84	17,69
	2,0 x 1,5	16,26	50,66	17,41	19,69	7,94	13,83	58,39	15,82
	3,0 x 1,5	17,57	48,99	20,40	23,50	8,26	14,53	53,78	12,98

A Tabela 11 representa os percentuais de biomassa e de macronutrientes nos componentes das árvores.

Fica evidente que, enquanto o lenho dos troncos representa de 50 a 67% da biomassa total, ele contém apenas de 12,87 a 17,69% dos macro-elementos. Por outro lado, as folhas que representam apenas de 16,26 a 28% da biomassa total contêm uma porcentagem de nutrientes que varia de 50 a 65% da árvore inteira. A casca das árvores também apresenta de maneira geral um elevado conteúdo de macronutrientes.

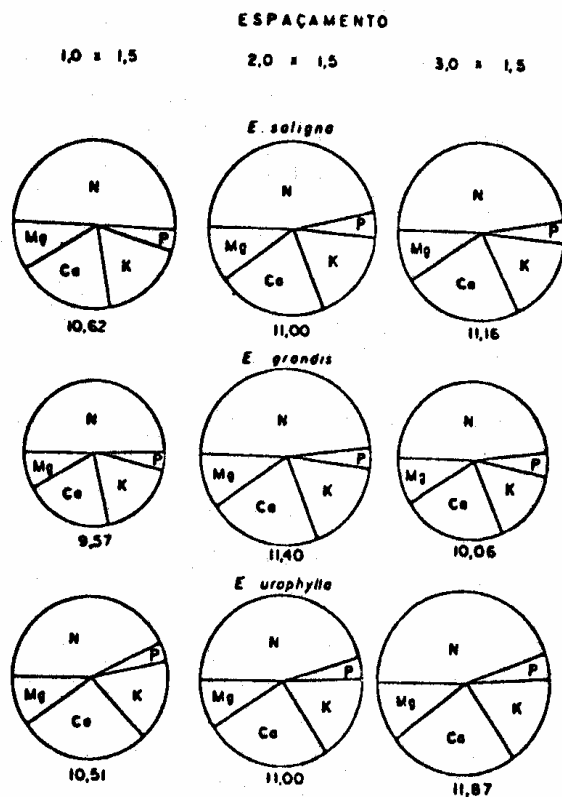
Por último, a partir dos dados obtidos de biomassa e nutriente, procurou-se estabelecer critérios de comparação entre as diferentes espécies e espaçamentos quanto à exportação de macronutrientes por tonelada de biomassa produzida. De acordo com HASEN & BAKER (1979), procurou-se estabelecer o que estes autores chamam de "eficiência de utilização", ou seja, a quantidade de nutrientes necessária para se produzir certa quantidade de biomassa. O resultado é apresentado no gráfico da figura 4. Verifica-se que o *E. grandis* é a espécie mais eficiente (9,57 kg de nutrientes / tonelada de biomassa).

Por outro lado, o *E. urophylla* no espaçamento de 2,0 x 1,5m, apesar de apresentar uma "eficiência de utilização" intermediária, produz aos 2,5 anos de idade a maior quantidade de biomassa, ou seja, 41,5 toneladas, o que equivale a uma produção média anual de 16,6 t/ha, de biomassa seca.

#### Deposição de folhedeo e nutrientes nos talhões de *E. grandis* e *E. saligna*

A eficiência de uma plantação florestal está também relacionada com a ciclagem de nutrientes que possibilita o reaproveitamento dos elementos químicos depositados sobre o solo através da queda do folhedeo.

FIGURA 4



Eficiência da utilização dos nutrientes expressa em kg de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) utilizados para produzir uma tonelada de matéria seca.

Na Tabela 12 são especificados todos os tratamentos de onde foram coletadas as amostras para quantificar o folhedeo e os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) depositados sobre o solo, de setembro de 1981 a agosto de 1982. A Tabela 13 evidencia a deposição total anual de folhedeo e de nutrientes.

Através destes dados foi possível se estabelecer o padrão anual de deposição de folhedeo (Figuras 5 e 6). No caso dos nutrientes para efeito ilustrativo são apresentados

apenas os padrões de deposição mensal do cálcio, por ser um elemento fixo nos tecidos vegetais e do potássio, que é um elemento móvel e fortemente lixiviável (Figuras 7 e 8).

**TABELA 12. Tratamentos onde foram efetuadas as observações sobre deposição de folheto e nutrientes. Deve-se ressaltar que a adubação foi igual para todos os tratamentos e aplicada em filete contínuo.**

TRAT. N°	ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	ADUBAÇÃO (g/planta)
1	<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	50
2	<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	50
3	<i>E. saligna</i>	2,0 x 1,5	100
4	<i>E. grandis</i>	2,0 x 1,5	100
5	<i>E. saligna</i>	3,0 x 1,5	150
6	<i>E. grandis</i>	3,0 x 1,5	150

**FIGURA 5 - Deposição mensal de folheto no talhão de *E. grandis***

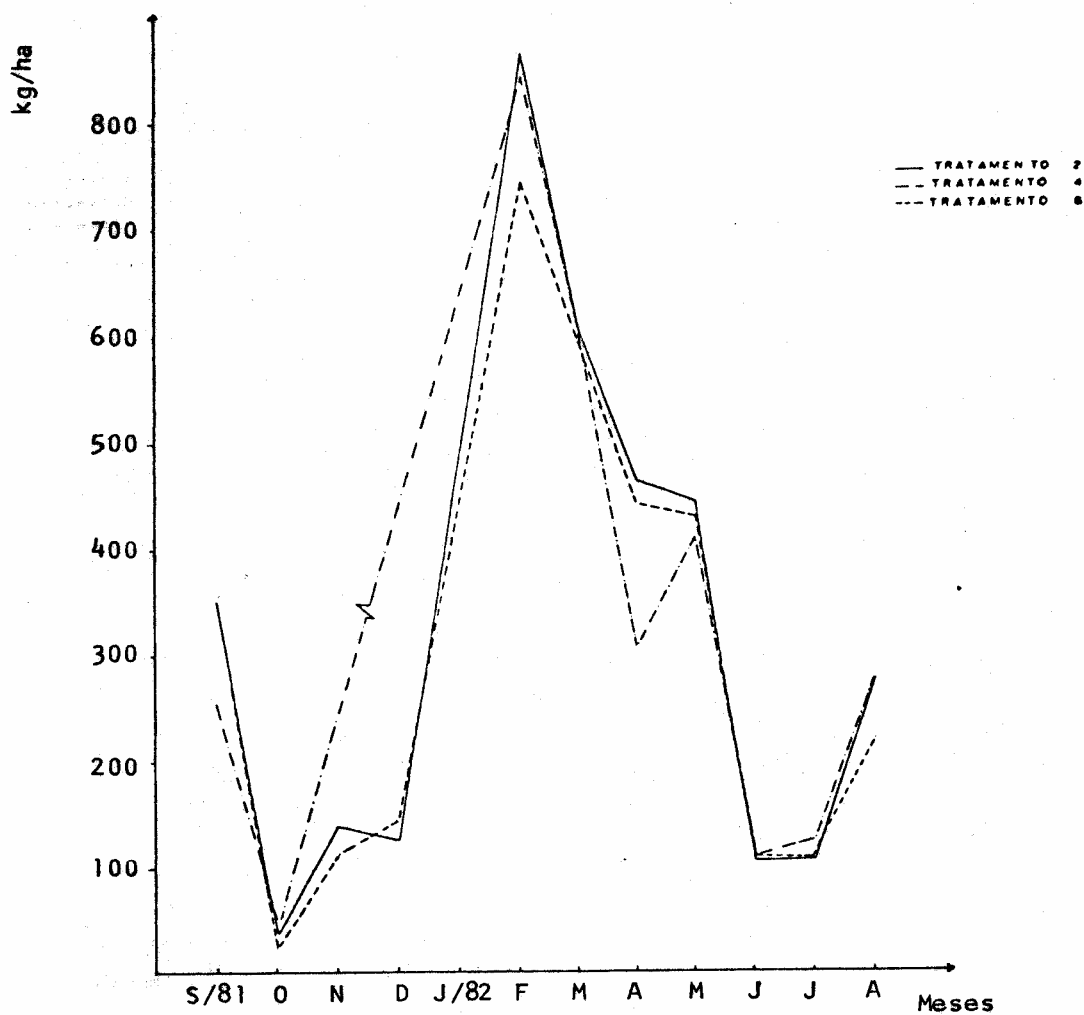
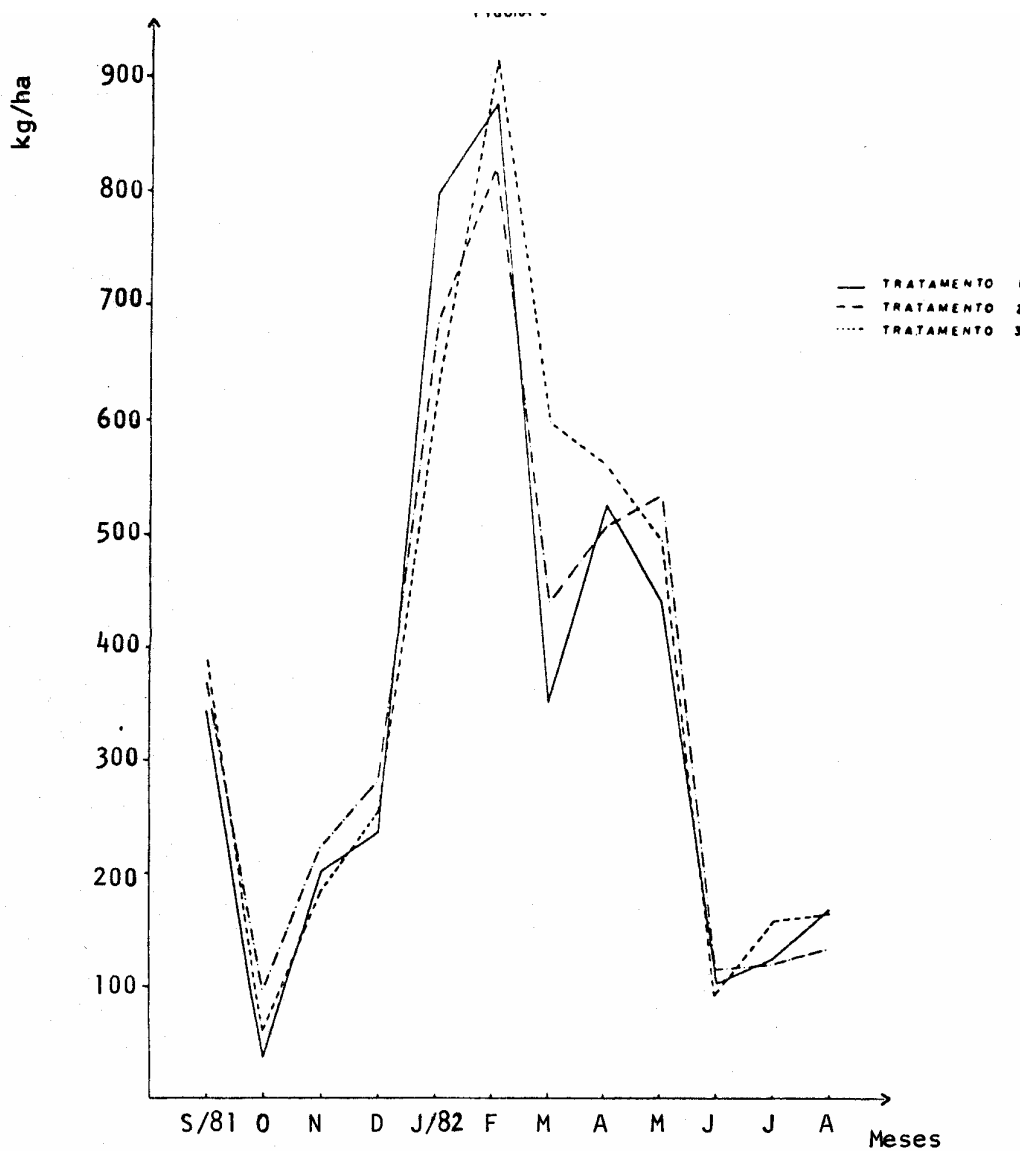


TABELA 13. Deposição anual de folhede e nutrientes de setembro/81 a agosto/82.

TRATAMENTO	FOLHEDO (kg/ha/ano)	DADOS ANUAIS (setembro/81 a agosto/82)					TOTAL MACRONUTRIENTE
		NUTRIENTES (kg/ha/ano)					
		N	P	K	Ca	Mg	
1	4.198,40	38,60	2,12	5,70	23,78	8,81	79,01
2	3.961,10	33,74	2,20	7,22	22,34	8,91	74,41
3	4.315,60	34,75	2,14	8,32	25,87	8,75	79,83
4	3.958,90	33,31	2,00	7,19	31,45	9,75	79,83
5	4.493,50	40,04	2,37	8,12	29,40	9,84	89,77
6	3.724,40	34,88	2,12	7,05	25,73	7,66	77,44

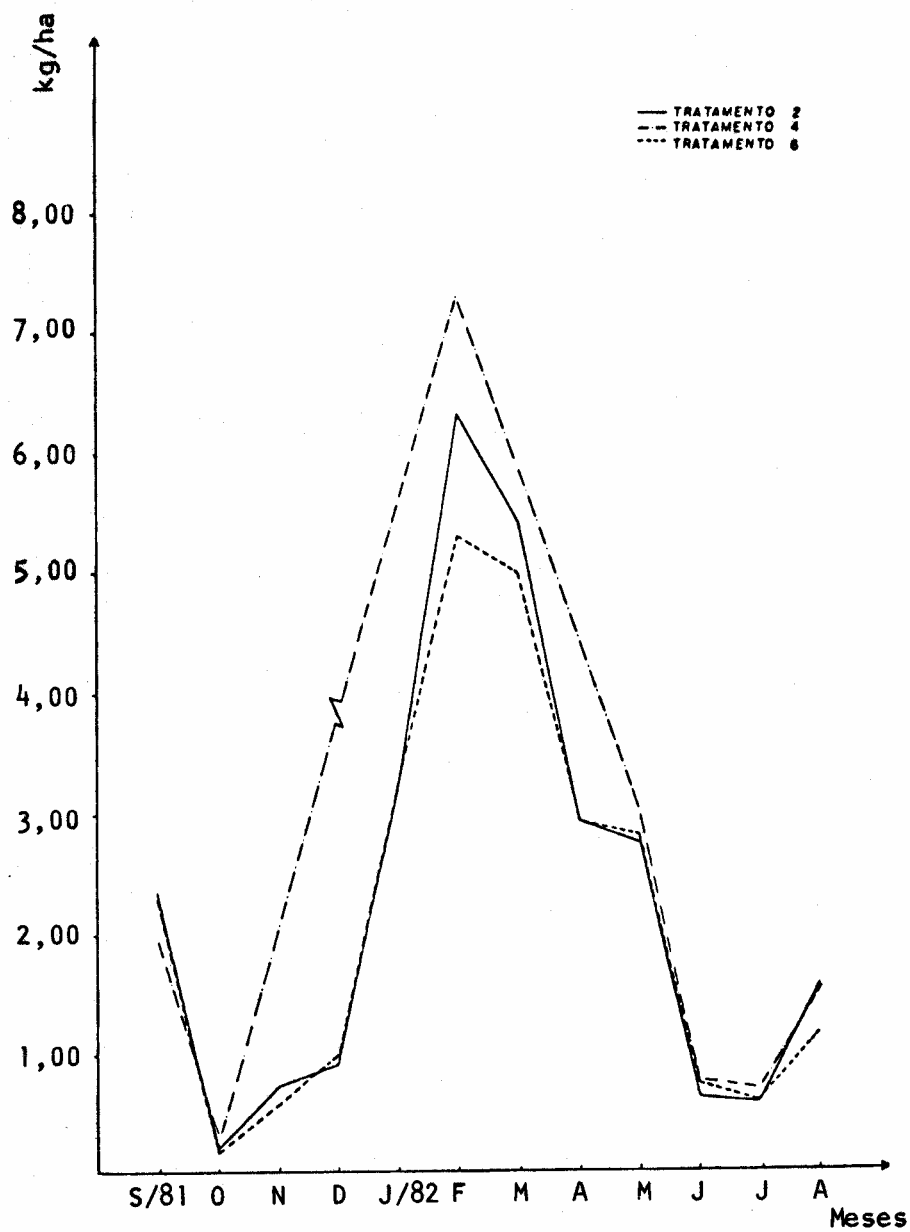
FIGURA 6



Deposição mensal de folhede no talhão de *E. saligna*.

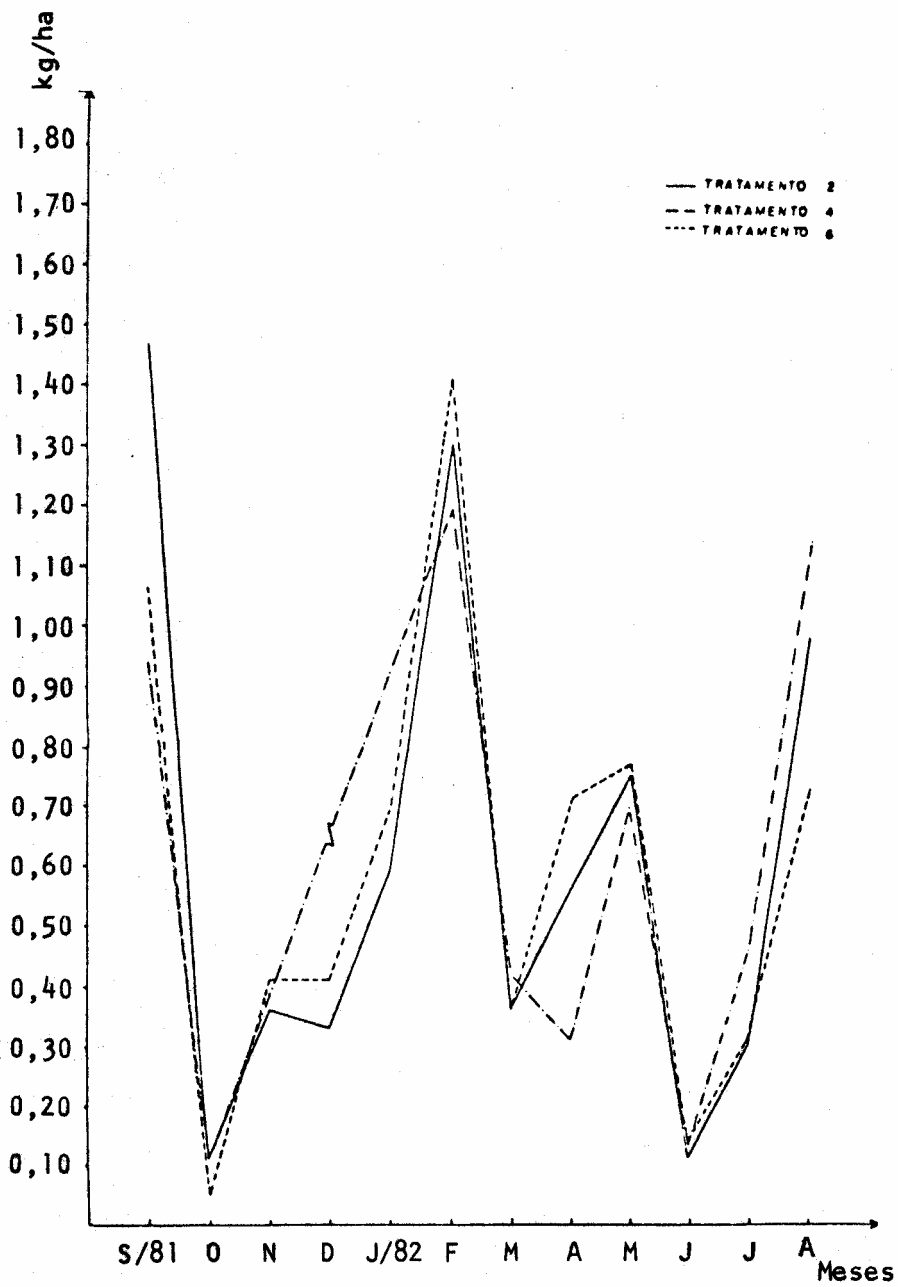


FIGURA 7



Deposição mensal de Cálcio através do folheto no talhão de *E. grandis*.

FIGURA 8



Deposição mensal do Potássio através da deposição do folheto no talhão de *E. grandis*.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Antes de interpretar os resultados é importante salientar que, do ponto de vista climático, os anos de 1981 e 1982 fugiram bastante dos valores médios de precipitações e temperatura representados no diagrama climático da Figura 1.

O ano de 1981 caracterizou-se por uma seca prolongada e por uma geada que é um fenômeno bastante raro na região de Três Lagoas. Por outro lado, o ano de 1982 caracterizou-se por uma elevada precipitação e uma estação seca pouco pronunciada.

O gráfico da Figura 2 mostra a evolução da porcentagem de falhas nas diferentes espécies e espaçamentos. Nota-se que, de maneira geral, houve um acréscimo mais acentuado de árvores mortas entre o 12<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> mês. Após esta fase a mortalidade foi menor e mais constante. Devido a ocorrência de forte seca e geada justamente entre o 12<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> mês, tornou-se difícil atribuir a que fator seria devido a elevada mortalidade registrada neste período.

Principalmente o *E. urophylla*, por ser uma espécie de região tropical, originária das ilhas localizadas a noroeste da Austrália (MARTIN & COSSALTER, 1976), parece ter sofrido de forma mais intensiva o efeito da geada. Nota-se também nesta espécie que a porcentagem de falhas cresce a medida que o espaçamento se torna menor.

Todavia, o *E. urophylla* foi a espécie que, de maneira geral, apresentou a maior produção de biomassa, seguido pelo *E. grandis* e *E. saligna* (Tabela 2 e Figura 3). O resultado está de acordo com as observações efetuadas por SPINA-FRANÇA & POGGIANI (1983) em plantações energéticas instaladas em Mogi Guaçu - SP e cortadas aos 18 meses de idade.

Do ponto de vista nutricional, os valores mais elevados são encontrados nas folhas. Em alguns casos entretanto, os valores mais elevados de Potássio, Fósforo e principalmente cálcio são observados na casca. Esta por ser um componente caduco da árvore permite que, após certo tempo, seus elementos químicos integrem a ciclagem de nutrientes e possam ser novamente absorvidos pelo sistema radicular das plantas.

Verifica-se, contudo, que de uma maneira geral as concentrações de nutrientes nas folhas são mais baixas do que as observadas por POGGIANI et alii (1983) em plantações de *E. grandis* de ciclo curto, efetuadas em Bom Despacho-MG, em espaçamento de 1,0 x 1,5 m e adubadas com 150 g por planta de NPK (10:28:6) mais Boro e Zinco. Neste aspecto deve ser lembrado que talvez a adição de micronutrientes poderia ter aumentado a produtividade de forma significativa, visto que o solo de Três Lagoas é baixa fertilidade.

As Tabelas de 6 a 10 mostram a magnitude da exportação de nutrientes pela exploração da biomassa florestal incluindo: folhas, ramos, casca e lenho.

De maneira geral, observa-se que a exportação está diretamente relacionada com o peso da biomassa de cada componente e com o respectivo teor de cada elemento. Nota-se que a produção de folhas é maior no *E. saligna* e menor no *E. urophylla*.

A biomassa do lenho varia de 49 a 66% da biomassa total, entretanto, o conteúdo de nutriente não ultrapassou 18% do conteúdo total do talhão. Este aspecto salienta a necessidade de explorar apenas o tronco das árvores e de se deixar os resíduos no campo para que eles possam melhorar as características do solo em relação ao teor de matéria orgânica e manter mais equilibrada sua fertilidade.

De acordo com POGGIANI et alii (1979), quanto mais jovem for a idade do talhão explorado, a exportação será proporcionalmente maior, principalmente se as folhas e os ramos forem também aproveitados.

Através da Tabela 9 verifica-se que a exportação de nitrogênio para os diferentes tratamentos varia de 86 a 205 kg/ha, e de Fósforo de 6,5 a 18 kg/ha, a de Potássio de 30,4 a 73,6 kg/ha, de Cálcio de 34,5 a 112 kg/ha, e a de Magnésio de 16,5 a 47 kg/ha. Considerando-se a quantidade e a formulação de adubo utilizada, verifica-se que por ocasião do plantio foram colocados por hectare 33,3 kg de N, 30,7 de P e 16,6 de K. Torna-se evidente que apenas a adubação inicial seria insuficiente para suprir os elementos necessários para o crescimento das árvores, caso não se dê à floresta o tempo suficiente e as condições ecológicas necessárias para retirar os nutrientes do solo, fixar o nitrogênio livre e reciclar adequadamente os elementos químicos.

Quando à eficiência de aproveitamento dos nutrientes, parece não haver uma diferença marcante entre os diferentes tratamentos (Figura 4). Considerando os macro elementos analisados (N, P, K, Ca e Mg), o *E. grandis* no espaçamento 1,0 x 1,5m, é o tratamento que apresentou maior eficiência. Observam-se, aliás, que de maneira geral o *E. grandis* é a espécie menos exigente. SPINA-FRANÇA & POGGIANI (1983) também observaram ser o *E. grandis* a espécie mais eficiente no espaçamento de 1,0 x 1,0m e que cortada aos 18 meses de idade apresentou uma eficiência de aproveitamento de 15,16 kg de macronutrientes por tonelada de biomassa produzida.

A Tabela 13 evidencia a quantidade de folheto e macronutrientes depositados sobre o solo. Por se tratar dos dados resultantes de apenas um ano de coleta devem ser considerados ainda preliminares; contudo, são muito úteis para compreender determinados aspectos referentes à ciclagem de nutrientes e produtividade florestal. Os gráficos das Figuras 5 a 8 evidenciam que a deposição da maior quantidade de folheto e de nutrientes ocorre nos meses mais quentes e chuvosos de novembro a abril. As quantidades de folheto depositadas giram em torno de 4 t/ha/ano contendo cerca de 36 kg de nitrogênio; 2,1 kg de fósforo; 7,2 kg de potássio; 25 kg de cálcio e 8,5 kg de magnésio.

Observando a Tabela 9, verifica-se que estas quantidades de nutrientes em apenas um ano correspondem aproximadamente a 25% de nitrogênio, fósforo e potássio contidos na biomassa total. No caso do cálcio, por ser um elemento de pouca mobilidade, esta proporção cresce para 50%.

Torna-se evidente, portanto, que o corte e a retirada total das copas do sítio a cada período de 2 ou 3 anos, poderá ter sérias conseqüências no equilíbrio nutricional da floresta. Dentro de uma otimização do ponto de vista biológico e nutricional seria desejável que nas florestas energéticas fosse utilizado apenas o material do tronco. Neste caso, a eficiência de aproveitamento dos nutrientes seria bem mais elevada, como mostra a Tabela 14.

Dentro do possível, a devolução da s cinzas às florestas é também uma solução que deve ser sempre mais incentivada, face ao elevado teor de potássio, cálcio, magnésio e outros nutrientes que elas contém.

Finalmente, podemos concluir que a implantação de florestas energéticas torna-se uma alternativa cada vez mais promissora, face aos vários benefícios econômicos e sociais que elas apresentam.

Contudo, do ponto de vista experimental, apenas os dados que serão obtidos nos próximos cortes, aos 5 e 7,5 anos de idade, poderão esclarecer de forma definitiva as técnicas mais adequadas de manejo que deve ser dado às florestas energéticas.

**TABELA 14. Eficiência do aproveitamento dos nutrientes quando se utiliza a exploração total da árvore ou apenas o tronco (kg de nutrientes utilizados por tonelada de biomassa produzida).**

ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	ÁRVORE TOTAL	TRONCO (LENHO + CASCA)
		kg/t	kg/t
<i>E. saligna</i>	1,0 x 1,5	10,62	4,55
	2,0 x 1,5	11,0	5,28
	3,0 x 1,5	11,15	5,43
<i>E. grandis</i>	1,0 x 1,5	9,57	4,03
	2,0 x 1,5	11,40	4,80
	3,0 x 1,5	10,06	4,39
<i>E. urophylla</i>	1,0 x 1,5	10,51	5,01
	2,0 x 1,5	11,00	4,91
	3,0 x 1,5	11,87	5,26

#### LITERATURA CITADA

- HANSEN, E.A. & BAKER, J.B. - Biomass and nutrient removal in short rotation intensively culture plantations. In: ANNUAL MEETING OF THE NORTH AMERICAN POPLAR COUNCIL, Thompsonville, August 14-17, 1979, p.130-51.
- MARTT, B. & COSSALTER, C. - Les *Eucalyptus* de Iles de la Sonde. Bois et forêts des tropics, Nogent-sur-Marne, (165): 3-20, jan./fev.1976.
- POGGIANI, F. - Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Gaseificação de madeira e carvão vegetal. Belo Horizonte, 1981. p.25-33.
- POGGIANI, F. - Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. Série técnica. IPEF, Piracicaba, 1 (2): D-17-11, jul.1980.
- POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z. do & SIMÕES, J.W. - Aspectos ecológicos das mini-rotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. Circular técnica. IPEF, Piracicaba, (74): 1-7, 1979.
- POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z. do & SUITER FILHO, W. - Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. IPEF, Piracicaba, (23): 37-42, 1983.
- SPINA-FRANÇA, F. & POGGIANI, F. - Distribuição da biomassa e dos macronutrientes em três espécies de eucalipto plantados em diferentes espaçamentos. In: UFV/IUFRO SYMPOSIUM ON PLANTATION FOREST IN THE NOTROPICS, Viçosa, February 6-12, 1983. Resumos. Viçosa, UFV, 1983. (no prelo)

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. - Análise química das plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

STEINBECK, K.; MCALPINE, R.G. & MAY, J.T. - Short rotation culture of sycamore: a status report. Journal of forestry, Washington, 70(4): 210-3, abr.1972.

WALTER, H. - Vegetation of the earth. New York, Springer-Verlag, 1977. 237p.

YOUNG, H.E. & CARPENTER, PN. - Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: IUFRO. INTERNATIONAL CONGRESS, 16. OSLO BIOMASS STUDIES. Oslo, University of Maine, June 22 1976. p.75-99.