

PRODUÇÃO DE BIOMASSA E BALANÇO NUTRICIONAL DE PLANTAÇÕES DE EUCALIPTO CLONAL EM DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO NO MUNICÍPIO DE ITAMARANDIBA-MG¹

Biomass Yield and Nutritional Balance of Clonal Eucalypt Plantations at Different Planting Densities in Itamarandiba, MG

Marcelo Dias Müller², Laércio Couto³ e Júlio César Lima Neves⁴

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de biomassa e o balanço nutricional de um clone de *Eucalyptus*, em diferentes densidades de plantio. O experimento foi implantado em áreas da ACESITA Energética, no município de Itamarandiba-MG, utilizando o delineamento experimental em blocos ao acaso, com três repetições, no esquema de parcelas subdivididas (*Split Plot in time*). As parcelas foram constituídas por cinco espaçamentos iniciais de plantio e a subparcela, pelas épocas de medição (7, 12, 18 e 24 meses). Foram realizadas medições do DAP e da altura total, bem como foram retiradas amostras do tronco e da copa para análise da biomassa e do teor de nutrientes nos diversos compartimentos da árvore, aos 24 meses de idade. Em todos os casos foi observado que 21 a 23% dos nutrientes estão alocados na copa, 63 a 67% estão alocados na casca e 11 a 16% estão alocados no lenho. A exploração florestal aos 24 meses de idade tem maior impacto, principalmente, na exportação de P, Ca, Mg e K (este último em menor proporção), que apresentam maiores concentrações na casca (93,82, 90,81, 96,97 e 42,5%, respectivamente). Considerando o balanço nutricional, a necessidade de reposição de nutrientes, devido à exploração, foi inversamente proporcional à densidade de plantio. Considerando o sistema de exploração da madeira sem a casca, a necessidade de reposição nutricional, via fertilização, é drasticamente reduzida em função do retorno proporcionado pela manutenção da biomassa de copa e da casca no sítio florestal.

Palavras-chave: Exportação de nutrientes, produção de biomassa e silvicultura.

Abstract: The main objective of this work was to evaluate biomass yield and nutritional balance of a clonal *Eucalyptus* species, at different planting densities. A research trial was established in an area owned by ACESITA Energética, in Itamarandiba, MG, using a randomized block design with three replications (split plots in time). The treatments consisted of 5 initial planting densities with measurements taken at the ages of 7, 12, 18 and 24 months. DAP and total height measurements as well as wood and crown were removed for biomass and nutrient content determination in several portions of the tree at 24 months of age. It was observed in all treatments that 21% to 23% of the nutrients were located in the crown of the trees, 7% in the bark and, 11% to 16% in the stem. Harvesting at the age of 24 months has a greater impact mainly on the export of P, Ca, Mg and K (the last one in a smaller proportion), which are more concentrated in the bark (93.82, 90.81, 96.97 and 42.5%, respectively). Considering nutritional balance, the need to replace nutrients due to harvesting was inversally proportional to plantation density. In the case of harvesting and debarking the trees, the need to replace nutrients in the field is drastically reduced due to the amount of nutrients left in the site from the bark and the crown of the trees.

Keywords: Nutrient export, biomass yield, and forestry.

¹ Recebido para publicação em 24.3.2006 e aceito em 23.6.2003.

² Eng. Florestal, D.S. Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, Belo Horizonte-MG, <marcelo.muller@cemig.com.br>. ³ Presidente da Rede Nacional de Biomassa para Energia – RENABIO, <presidencia@rnabio.org.br>. ⁴ Prof. Titular do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36570-000 Viçosa-MG, <julio@solos.ufv.br>.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da biomassa como insumo energético, nas suas diversas formas de aproveitamento, vem ganhando bastante destaque, tanto em função das perspectivas de esgotamento das reservas mundiais de combustíveis fósseis e das pressões da sociedade por soluções ambientais para o problema das emissões de gases poluentes e das mudanças climáticas, como por suas características de fonte renovável, produção descentralizada e próxima aos locais de demanda de carga, balanço igual ou próximo a zero na emissão de gases poluentes, geradora de oportunidade de trabalho e renda no campo, dentre outros.

As principais formas de aproveitamento da biomassa como insumo energético são os combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. Dentre os combustíveis sólidos destacam-se a madeira e seus derivados (carvão vegetal) e os resíduos culturais (silvicultura e agricultura) e industriais (resultantes do processamento industrial da madeira e de culturas agrícolas). Os combustíveis líquidos são representados pelo álcool e pelo biodiesel, além de resíduos líquidos gerados em processos industriais. Os combustíveis gasosos são aqueles gerados por meio da fermentação, da digestão anaeróbica e pela gaseificação de materiais lignocelulósicos.

Tendo em vista que a biomassa, em qualquer de suas formas, apresenta baixa densidade energética em relação aos combustíveis fósseis e, portanto, a sua utilização encontra limitações de ordem técnica e econômica, os sistemas de produção de biomassa energética são planejados e dimensionados com a finalidade de concentrar a maior produção por unidade de área possível.

Sendo assim, são valorizadas as espécies vegetais que apresentam grande capacidade de acúmulo de biomassa (ou substâncias que possam ser transformadas em combustível) e rápido crescimento, a fim de minimizar os

custos de produção e tornar os biocombustíveis mais competitivos.

Em contrapartida, considerando o caráter intensivo na utilização do solo, esses sistemas apresentam a desvantagem de proporcionar a exaustão dos solos, por meio da exportação de nutrientes.

Por sua dimensão estratégica e pela participação histórica na matriz energética, a biomassa de origem florestal reveste-se de notável importância na busca de uma alternativa aos combustíveis de origem fóssil, para produção de energia.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa e o balanço nutricional de uma plantação de eucalipto clonal em diferentes espaçamentos, aos 24 meses de idade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A exploração florestal é o processo mais representativo na remoção de nutrientes do ecossistema. Como mencionado, a quantidade de nutrientes removidos do ecossistema é função de uma série de fatores, como: espécie, qualidade do local, componente explorado, densidade de plantio e idade de corte.

Geralmente a exploração florestal restringe-se ao tronco, sendo deixados no campo as folhas e os galhos. Algumas empresas adotam um sistema de descascamento no campo, o que permite incrementar o aporte de nutrientes via matéria orgânica.

Desse modo, a quantificação da exportação de nutrientes por unidade de área deve considerar a utilização do tronco.

A dimensão da exportação de nutrientes minerais, com a exploração de biomassa, está relacionada com uma série de fatores, como: espécie, qualidade do local, componente explorado, volume de biomassa explorada, taxa de produção de biomassa, densidade de

plantio, idade de corte e perdas indiretas envolvidas no esquema de manejo da plantação (LIMA, 1996; BOUILLET; BERNHARD-REVERSAT, 2001). Vários autores, dentre eles Costa (1990) e Schumacher e Poggiani (1993), ressaltam que os nutrientes se distribuem diferentemente nas distintas partes da árvore. Essa distribuição apresenta a seguinte tendência: folhas > casca > ramos > lenho (REZENDE et al., 1983; SCHUMACHER; POGGIANI, 1993).

A ciclagem de nutrientes é um dos aspectos fundamentais para a sustentabilidade da atividade florestal. O manejo florestal deve possibilitar a manutenção de um fluxo contínuo entre o que é depositado no solo e o que é assimilado pelas raízes (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001).

De acordo com Vital et al. (1999), as saídas de nutrientes por meio da exploração florestal (tronco = lenho + casca) para *E. saligna*, com 7 anos de idade, representam 66,2% de N, 81,1% de P, 69,9% de K, 79,7% de Ca e 75,6% de Mg. Desse modo, 34,2% de N, 19,9% de P, 30,1% de K, 20,3% de Ca e 24,3% de Mg são deixados no campo.

Em geral, o fuste (lenho + casca) representa cerca de 70-80% da biomassa acima do solo e a copa (folhas + galhos) representa cerca de 20-30% do total.

A copa, por sua vez, é responsável por cerca de 24% do acúmulo de nutrientes contido na biomassa total, com destaque para o N, P e K. Por outro lado, o Ca e o Mg apresentam as maiores concentrações (cerca de 60%) na casca (SCHUMACHER; POGGIANI, 1993; VITAL et al., 1999).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e medição do experimento

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, onde a parcela foi

representada pelo espaçamento e a subparcela, pela idade de aferição dos dados.

Cada parcela experimental foi constituída de seis linhas de plantio, e em cada linha foram plantadas 28 árvores, perfazendo um total de 168 árvores por tratamento.

O material genético utilizado foi o clone de um híbrido de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Foram estabelecidos três blocos, cada qual contemplando cinco tratamentos (espaçamentos). Foi mantido o espaçamento de 3 m entre as linhas, e entre as plantas os espaçamentos variaram de 0,5 a 3 m. Assim, os espaçamentos utilizados foram: 3,0 x 0,5 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m.

3.2 Produção em volume e biomassa

A partir do sexto até o 24º mês, foram realizadas coletas semestrais dos dados de campo, sendo mensurados o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total de oito árvores, escolhidas ao acaso, em cada tratamento.

Com a finalidade de determinar o volume sólido (m³) e a densidade aos 24 meses de idade, foi abatida e cubada a árvore média em cada tratamento. Para isto foi utilizado o método de Smalian, com seções a cada 1,5 m.

Foram retirados discos de 5 cm de espessura de cada árvore abatida, para determinação da densidade básica média pelo método da imersão.

A biomassa de madeira foi determinada em função da densidade.

3.3 Biomassa, conteúdo de nutrientes e balanço nutricional

Primeiramente foi realizada a determinação da biomassa de copa existente por unidade de área. Para isto, foi retirada

toda a copa (galhos e folhas) das árvores abatidas e o material foi levado para estufa, devidamente acondicionado, para determinação do peso seco.

Foram retiradas amostras da copa (galhos + folhas), da madeira e da casca, para determinação da quantidade de nutrientes alocados em cada compartimento da árvore.

Com isso, foi possível determinar o balanço nutricional, considerando três situações distintas: i) a utilização da árvore inteira (copa + lenho), ii) a utilização do lenho (madeira + casca) e iii) a utilização da madeira sem a casca.

Os cálculos de reposição nutricional foram feitos com base na eficiência de aproveitamento de nutrientes. Sendo assim, os valores correspondentes às quantidades removidas pela exploração foram multiplicados pelo valor complementar à porcentagem de eficiência de aproveitamento, para gerar o valor de necessidade de reposição (por exemplo, se a eficiência de aproveitamento de P é 20%, então multiplica-se o valor de P removido por 0,8 e adiciona-se o valor correspondente à quantidade removida). Foram utilizados valores médios de eficiência de aproveitamento nutricional (N = 50%, P = 20%, K = 70%, Ca e Mg = 60%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção em volume e biomassa

Observou-se relação direta do volume e peso da biomassa seca com a densidade de plantio, ou seja, nos tratamentos com maiores densidades de plantio foram constatados os maiores volumes de madeira e peso de biomassa seca (Figuras 1 e 2).

Os resultados apresentados na Figura 2 são corroborados por uma série de autores que têm desenvolvido vários trabalhos a respeito da influência da densidade de plantio no crescimento e na produção de plantações

florestais. Dentre esses trabalhos vale ressaltar os desenvolvidos por Coelho et al. (1970), Couto (1977), Campos et al. (1990), Klein et al. (1992), Gomes (1994), Souza (1995), Leite et al. (1997), Gomes et al. (1997), Assis et al. (1999), Ladeira (1999), Schneider et al. (2000), Schneider et al. (2001) e Leles et al. (2001).

De modo geral, em todos esses estudos pode-se observar uma tendência clara de aumento do DAP com o aumento da área útil por planta, ou seja, do espaçamento entre

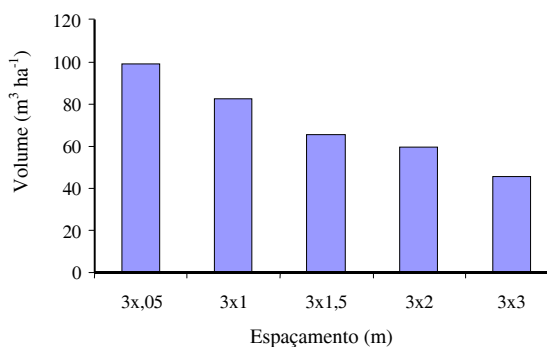


Figura 1 - Volume (em m³ ha⁻¹) em diferentes espaçamentos na idade de 24 meses.

Figure 1 - Volume (m³ ha⁻¹), at different planting densities at 24 months of age.

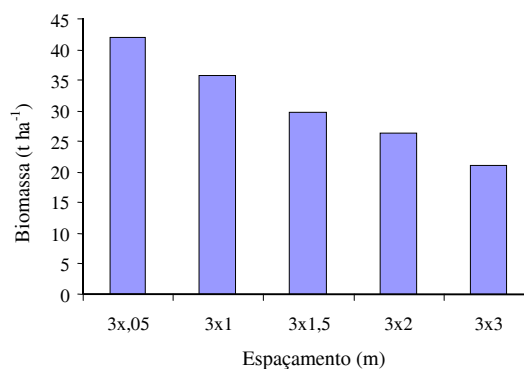


Figura 2 - Peso de biomassa seca (em t ha⁻¹) em diferentes espaçamentos, na idade de 24 meses.

Figure 2 - Dry biomass weight (t ha⁻¹) at different planting densities at 24 months of age.

plantas. Em contrapartida, os parâmetros área basal e volume total apresentaram tendências decrescentes com o aumento do espaçamento entre plantas.

Por outro lado, vale ressaltar que com o tempo a quantidade de madeira estocada em um determinado sítio tende a se igualar em diferentes espaçamentos, no entanto nos plantios mais densos ocorre a estagnação do crescimento em idades mais jovens e nos plantios com espaçamentos mais amplos a estagnação do crescimento ocorre em idades mais avançadas. Esse fato pode ser muito importante do ponto de vista econômico, pois pode-se economizar no custo de implantação, na colheita e no transporte de madeira nos espaçamentos maiores (MELLO et al., 1971; RESENDE et al., 1983; KLEIN; FREITAS, 1988; MORA, 1986; GORGULHO et al., 1991; FERREIRA et al., 1997; LISITA et al., 1997).

4.2 Biomassa, conteúdo de nutrientes e balanço nutricional

Com relação à produção de biomassa aérea neste experimento, o Quadro 1, a seguir, apresenta a relação entre biomassa de copa x biomassa de fuste para cada tratamento.

No Quadro 2 pode-se observar a quantidade de nutrientes alocados em cada compartimento da árvore.

Constatou-se (Quadro 3) que a copa representa 20 a 22% da biomassa total e retém 20 a 23% dos nutrientes; a casca representa 10 a 11% da biomassa total e retém 62 a 67% dos nutrientes; e o fuste representa 67 a 70% da biomassa total e retém 11 a 16% dos nutrientes.

Com relação à alocação de cada nutriente nos diversos compartimentos das árvores, aos 24 meses de idade, verificou-se que cerca de 50% do N está alocado na copa, 35% na casca e 17% na madeira. O P, Ca e Mg apresentam maiores concentrações na casca (94, 91 e 97%, respectivamente) e o K apresenta distribuição maior entre a casca e a madeira (18% na copa, 42,5% na casca e 40% na madeira).

Isso significa que a exploração florestal nessa idade representa um grande impacto na fertilidade do solo, pela remoção de nutrientes, particularmente o P, Ca e Mg.

Schumacher e Caldeira (2001) observaram valores de 77,8% da biomassa total representada pelo tronco e 22,2% representada pela copa, em um povoamento de *Eucalyptus globulus*. Com relação ao conteúdo de nutrientes, nos diversos compartimentos da planta, observou-se que para os elementos N e P as folhas apresentam valores maiores que os dos outros componentes. Com relação ao Ca, foram observados valores de 67,9 % acumulados na casca e na madeira.

Quadro 1 – Peso de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) copa x fuste
Table 1 – Dry matter weight ($t\ ha^{-1}$) for crown x wood

Tratamento (m)	Peso de Matéria Seca ($t\ ha^{-1}$)				% da Biomassa Total		
	Copa	Fuste		Total	Copa	Fuste	
		lenho	casca			lenho	casca
3,0x0,5	12,16	42,01	6,19	60,35	20,14	69,60	10,26
3,0x1,0	10,18	35,71	5,29	51,18	19,89	69,77	10,34
3,0x1,5	8,72	29,82	4,53	43,06	20,25	69,24	10,51
3,0x2,0	8,53	26,33	4,23	39,08	21,83	67,36	10,81
3,0x3,0	6,99	21,09	3,54	31,62	22,09	66,71	11,20

Quadro 2 – Quantidade de nutrientes alocados nos diversos compartimentos em árvores de eucalipto aos 24 meses de idade, nos espaçamentos estudados

Table 2 – Nutrient content allocated in several tree parts, at different planting densities at 24 months of age

Espaçamento (m)	Compartimento	Nutriente				
		N	P	K	Ca	Mg
		(t ha ⁻¹)				
3,0x0,5	folhas/ramos	0,03173	0,00000	0,00650	0,01174	0,00000
	casca	0,02970	0,00248	0,02202	0,08204	0,01018
	madeira	0,01579	0,00012	0,01680	0,00336	0,00042
	Total	0,07722	0,00259	0,04533	0,09714	0,01060
3,0x1,0	folhas/ramos	0,03627	0,00000	0,00509	0,00507	0,00000
	casca	0,02210	0,00249	0,01602	0,08405	0,01157
	madeira	0,01341	0,00000	0,01419	0,00286	0,00036
	Total	0,07178	0,00249	0,03530	0,09198	0,01193
3,0x1,5	folhas/ramos	0,02856	0,00000	0,00406	0,00523	0,00000
	casca	0,02194	0,00196	0,01291	0,07208	0,00920
	madeira	0,00917	0,00000	0,01200	0,00239	0,00030
	Total	0,05966	0,00196	0,02897	0,07970	0,00950
3,0x2,0	folhas/ramos	0,03216	0,00000	0,00401	0,00348	0,00000
	casca	0,02124	0,00169	0,00876	0,07870	0,00987
	madeira	0,00769	0,00007	0,00974	0,00211	0,00026
	Total	0,06109	0,00176	0,02252	0,08429	0,01013
3,0x3,0	folhas/ramos	0,02517	0,00023	0,00608	0,00210	0,00000
	casca	0,01685	0,00131	0,00744	0,06399	0,00840
	madeira	0,00734	0,00015	0,00771	0,00169	0,00021
	Total	0,04936	0,00169	0,02123	0,06777	0,00861

A partir desses dados foi possível calcular o balanço nutricional, considerando a exploração da árvore inteira, da madeira com casca e da madeira sem casca, conforme é mostrado nos Quadros 4 e 5.

O sistema de exploração no qual são deixadas no campo apenas a galhada e a folhagem, e a madeira é explorada com casca, proporciona o retorno de maiores quantidades de N ao solo e de menores quantidades de K e Ca (Quadro 6).

No sistema de exploração em que a madeira é explorada sem a casca, ou seja, a casca é deixada no campo, o aporte de nutrientes ao solo é maior, o que evidencia a importância, do ponto de vista de fertilidade

do solo, da exploração da madeira sem a casca em sistemas de curta rotação para geração de energia elétrica (Quadro 7).

Dessa forma, pode-se depreender que a necessidade de reposição nutricional via fertilização será muito menor no sistema em que a casca é deixada no campo (Quadro 8).

Os valores apresentados no Quadro 9 representam a diferença entre os dois sistemas. Esta diferença significa a magnitude da redução da necessidade de reposição nutricional via fertilização. Como se pode constatar, com a exploração da madeira sem a casca há redução drástica na necessidade de reposição nutricional via fertilização, para todos os elementos.

Quadro 3 – Porcentagem de nutrientes alocados na biomassa por compartimento, em cada espaçamento estudado

Table 3 – Nutrient content (%) allocated in the biomass per tree portion at different planting densities

Espaçamento	Compartimento	Nutriente					% Total
		N	P	K	Ca	Mg	
		% por compartimento					
3,0x0,5	folhas/ramos	41,09	0,00	14,35	12,09	0,00	21,46
	casca	38,46	95,48	48,59	84,45	96,04	62,87
	madeira	20,45	4,52	37,07	3,46	3,96	15,67
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3,0x1,0	folhas/ramos	50,53	0,00	14,42	5,52	0,00	21,75
	casca	30,79	100,00	45,39	91,38	97,01	63,81
	madeira	18,68	0,00	40,19	3,11	2,99	14,43
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3,0x1,5	folhas/ramos	47,87	0,00	14,03	6,56	0,00	21,05
	casca	36,77	100,00	44,56	90,44	96,86	65,68
	madeira	15,36	0,00	41,42	2,99	3,14	13,26
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3,0x2,0	folhas/ramos	52,65	0,00	17,82	4,13	0,00	22,06
	casca	34,76	95,92	38,92	93,37	97,40	66,89
	madeira	12,58	4,08	43,26	2,50	2,60	11,05
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
3,0x3,0	folhas/ramos	50,99	13,53	28,64	3,09	0,00	22,59
	casca	34,13	77,69	35,03	94,42	97,55	65,91
	madeira	14,87	8,78	36,33	2,49	2,45	11,50
	Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Quadro 4 – Utilização da árvore inteira (AI) x utilização da madeira com casca (Mcc)

Table 4 – Use of total tree (AI) x use of wood with bark (Mcc)

Espaçamento (m)	Quantidade de Nutrientes (t ha ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc
3,0x0,5	0,0772	0,0455	0,0026	0,0026	0,0453	0,0388	0,0971	0,0854	0,0106	0,0106
3,0x1,0	0,0718	0,0355	0,0025	0,0025	0,0353	0,0302	0,0920	0,0869	0,0119	0,0119
3,0x1,5	0,0597	0,0311	0,0020	0,0020	0,0290	0,0249	0,0797	0,0745	0,0095	0,0095
3,0x2,0	0,0611	0,0289	0,0018	0,0018	0,0225	0,0185	0,0843	0,0808	0,0101	0,0101
3,0x3,0	0,0494	0,0242	0,0017	0,0015	0,0212	0,0152	0,0678	0,0657	0,0086	0,0086

Quadro 5 – Utilização da árvore inteira (AI) x utilização da madeira sem casca (Msc)

Table 5 – Use of total tree (AI) x use of wood without bark (Msc)

Espaçamento (m)	Quantidade de Nutrientes (t ha ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc	AI	Mcc
3,0x0,5	0,07722	0,01579	0,00259	0,00012	0,04533	0,01680	0,09714	0,00336	0,01060	0,00042
3,0x1,0	0,07178	0,01341	0,00249	0,00000	0,03530	0,01419	0,09198	0,00286	0,01193	0,00036
3,0x1,5	0,05966	0,00917	0,00196	0,00000	0,02897	0,01200	0,07970	0,00239	0,00950	0,00030
3,0x2,0	0,06109	0,00769	0,00176	0,00007	0,02252	0,00974	0,08429	0,00211	0,01013	0,00026
3,0x3,0	0,04936	0,00734	0,00169	0,00015	0,02123	0,00771	0,06777	0,00169	0,00861	0,00021

Quadro 6 – Retorno de nutrientes ao solo no sistema em que são deixadas no campo a galhada e a folhagem

Table 6 – Nutrient return to the soil under the system where the crown is left in the site

Espaçamento (m)	t ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
3,0x0,5	0,0317	0,0000	0,0065	0,0117	0,0000
3,0x1,0	0,0363	0,0000	0,0051	0,0051	0,0000
3,0x1,5	0,0286	0,0000	0,0041	0,0052	0,0000
3,0x2,0	0,0322	0,0000	0,0040	0,0035	0,0000
3,0x3,0	0,0252	0,0002	0,0061	0,0021	0,0000
%					
	N	P	K	Ca	Mg
3,0x0,5	41,09	0,00	14,35	12,09	0,00
3,0x1,0	50,53	0,00	14,42	5,52	0,00
3,0x1,5	47,87	0,00	14,03	6,56	0,00
3,0x2,0	52,65	0,00	17,82	4,13	0,00
3,0x3,0	50,99	13,53	28,64	3,09	0,00

Quadro 7 – Retorno de nutrientes ao solo no sistema em que são deixadas no campo a galhada, a folhagem e a casca

Table 7 – Nutrient return to the soil under the system where the crown is left and the bark in the site

Espaçamento (m)	t ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg
3,0x0,5	0,06143	0,00248	0,02852	0,09378	0,01018
3,0x1,0	0,05837	0,00249	0,02111	0,08913	0,01157
3,0x1,5	0,05050	0,00196	0,01697	0,07732	0,00920
3,0x2,0	0,05340	0,00169	0,01278	0,08219	0,00987
3,0x3,0	0,04202	0,00154	0,01352	0,06608	0,00840
%					
	N	P	K	Ca	Mg
3,0x0,5	79,55	95,48	62,93	96,54	96,04
3,0x1,0	81,32	100,00	59,81	96,89	97,01
3,0x1,5	84,64	100,00	58,58	97,01	96,86
3,0x2,0	87,42	95,92	56,74	97,50	97,40
3,0x3,0	85,13	91,22	63,67	97,51	97,55

Quadro 8 – Necessidade de reposição nutricional via fertilização, considerando a utilização da árvore inteira (AI) x utilização da madeira sem casca (Msc)

Table 8 – Nutritional replacement via fertilization considering use of total tree (AI) x use of wood without bark (Msc)

Espaçamento (m)	Quantidade de Nutrientes (t ha ⁻¹)									
	N		P		K		Ca		Mg	
	AI	Msc	AI	Msc	AI	Msc	AI	Msc	AI	Msc
3,0x0,5	0,1158	0,0237	0,0047	0,0002	0,0589	0,0218	0,1360	0,0047	0,0148	0,0006
3,0x1,0	0,1077	0,0201	0,0045	0,0000	0,0459	0,0184	0,1288	0,0040	0,0167	0,0005
3,0x1,5	0,0895	0,0137	0,0035	0,0000	0,0377	0,0156	0,1116	0,0033	0,0133	0,0004
3,0x2,0	0,0916	0,0115	0,0032	0,0001	0,0293	0,0127	0,1180	0,0029	0,0142	0,0004
3,0x3,0	0,0740	0,0110	0,0030	0,0003	0,0276	0,0100	0,0949	0,0024	0,0121	0,0003

Quadro 9 – Balanço da reposição nutricional via fertilização
Table 9 – Nutritional replacement balance via fertilization

Espaçamento (m)	t ha ⁻¹					%				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
3,0x0,5	0,0921	0,0045	0,0371	0,1313	0,0143	79,55	95,48	62,93	96,54	96,04
3,0x1,0	0,0876	0,0045	0,0274	0,1248	0,0162	81,32	100,00	59,81	96,89	97,01
3,0x1,5	0,0757	0,0035	0,0221	0,1082	0,0129	84,64	100,00	58,58	97,01	96,86
3,0x2,0	0,0801	0,0030	0,0166	0,1151	0,0138	87,42	95,92	56,74	97,50	97,40
3,0x3,0	0,0630	0,0028	0,0176	0,0925	0,0118	85,13	91,22	63,67	97,51	97,55

Cabe considerar que, além do aspecto meramente quantitativo de nutrientes no solo, o retorno da biomassa, da copa e da casca ao sítio florestal representa um importante fator de melhoria nas qualidades físicas e químicas do solo, pelo estímulo a atividade biológica, formação de agregados (com conseqüente impacto na estrutura do solo), aumento da capacidade de troca catiônica, aumento da porosidade (proporcionando melhor desenvolvimento do sistema radicular), maior retenção de umidade etc. Além disso, serve como proteção física do solo contra o efeito da chuva e do tráfego de máquinas pesadas (utilizadas no processo de colheita e transporte da floresta).

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pôde-se chegar as seguintes conclusões:

- A produção em volume e biomassa seca de tronco guarda relação direta com a densidade de plantio, ou seja, quanto maior a densidade maior o volume e a quantidade de biomassa seca de tronco por unidade de área.
- Em termos percentuais a biomassa de copa, representada por folhas, galhos e ponteiros, corresponde a cerca de 20% da biomassa total, devendo-se ressaltar que nos maiores espaçamentos há um aumento

da porcentagem de copa (22%). A biomassa de tronco representa cerca de 70%, decrescendo com o aumento do espaçamento (no espaçamento 3,0 x 3,0 m esta porcentagem é de 66%). A casca, por sua vez, representa cerca de 10%, apresentando aumento com o espaçamento (no maior espaçamento essa porcentagem é de 11,2%).

- Com relação ao balanço nutricional aos 24 meses de idade, em todos os casos observou-se que 21 a 23% dos nutrientes estão alocados na copa, 63 a 67% estão alocados na casca e 11 a 16% estão alocados no lenho.
- A exploração florestal aos 24 meses de idade tem maior impacto, principalmente, na exportação de P, Ca, Mg e K (este último em menor proporção), que apresentam maiores concentrações na casca (93,82, 90,81, 96,97 e 42,5%, respectivamente);
- Considerando o balanço nutricional, a necessidade de reposição de nutrientes, devido à exploração, foi inversamente proporcional à densidade de plantio.
- Considerando o sistema de exploração da madeira sem a casca, a necessidade de reposição nutricional, via fertilização, é drasticamente reduzida em função do retorno proporcionado pela manutenção da biomassa de copa e da casca no sítio florestal.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, R. L. et al. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 23, n. 2, p. 151-156, 1999.
- BOUILLET, J. P.; BERNHARD-REVERSAT, F. **Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: with special reference to eucalypts**. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research, 2001. 71 p.
- BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J. J.; LACLAU, J. P. Litterfall, litter quality and decomposition changes with eucalypt hybrids and plantation age. In: BERNHARD-REVERSAT, F. (Ed.) **Effect of exotic tree plantations on plant diversity and biological soil fertility in the Congo savanna: with special reference to eucalypts**. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research, 2001. p. 23-29.
- CAMPOS, J. C. et al. Relações entre espaçamento, volume e peso de madeira em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 14, n. 2, p. 119-133, 1990.
- COELHO, A. S. R.; MELLO, H. A.; SIMÕES, J. M. Comportamento de espécies de eucaliptos face o espaçamento. **IPEF**, n. 1, p. 29-55, 1970.
- COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 237-264.
- COUTO, L. **Influência do espaçamento no crescimento do *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida, cultivado na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais**. 1977. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.
- COUTO, L. et al. **Espaçamentos de plantio de espécies de rápido crescimento para dendroenergia**. Belo Horizonte: CEMIG, 2002. 66 p.
- FERREIRA, G. W. et al. Qualidade da celulose Kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.
- GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de *Eucalyptus* spp. na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
- GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.
- GORGULHO, E. P.; RAMALHO, M. P.; SOARES, A. R. Avaliação de progênies de *Eucalyptus pyrocarpa* L. Jonhson & Blaxel, em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Árvore**, v. 15, n. 3, p. 207-216, 1991.
- KLEIN, J. E. M. et al. Produção de madeira e casca de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 1, p. 87-97, 1992.
- KLEIN, J. E. M. et al. Produção de madeira e casca de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 2, n. 1, p. 87-97, 1992.
- LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção e eficiência nutricional de *Eucalyptus* spp., sob três espaçamentos, em uma seqüência de idades**. 1999. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- LEITE, F. P. et al. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.
- LELES, P. P. S. et al. Crescimento, produção e alocação de matéria seca *E.camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região do cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n. 59, p. 77-87, 2001.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.
- LISITA, A. et al. Efeitos de reespaçamento na produção, no diâmetro médio e na estrutura de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Árvore**, v. 21, n. 4, p. 473-482, 1997.
- MELLO, H. A. Influência da espécie, do espaçamento e da idade no custo de produção da madeira industrial. **IPEF**, v. 2, n. 3, p. 13-14, 1971.

- MORA, A. L. **Interação com espaçamento e locais em clones de *Eucalyptus* spp. no norte do Estado da Bahia.** 1986. 116 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1986.
- RESENDE, G. C. et al. Produção de macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, v. 7, n. 2, p. 165-176, 1983.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, v. 3, n. 1, p. 9-18, 1993.
- SCHNEIDER, P. R. et al. Crescimento da Acácia-negra, *Acacia mearnsii* De Wild, em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 101-112, 2000.
- SCHNEIDER, P. R. et al. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 151-165, 2001.
- SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa de biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.
- SOUZA, D. R. **Efeitos do espaçamento na produtividade volumétrica de madeira em povoamentos de *Pinus oocarpa* e *Pinus caribea* var. *hondurensis* até os 16 anos de idade.** 1995. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1995.
- VITAL, A. R. T. Biogeoquímica de uma microbacia após o corte raso de uma plantação de eucalipto de 7 anos de idade. **Scientia Florestalis**, n. 55, p. 17-28, 1999.