



## Acúmulo e eficiência de uso de nutrientes na parte aérea de *Eucalyptus urograndis* em plantios puros e mistos com *Acacia mangium* Willd.

**Danilo Henrique dos Santos Ataíde<sup>(2)</sup>; Felipe Martini Santos<sup>(3)</sup>; Anderson Ribeiro Diniz<sup>(4)</sup>; Guilherme Montandon Chaer<sup>(5)</sup>; Fabiano de Carvalho Balieiro<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

<sup>(2)</sup> Graduando em Engenharia Florestal; Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ); Seropédica, RJ; danilo\_hsa@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Mestrando em Ciências Ambientais e Florestais; UFRRJ; <sup>(4)</sup> Doutorando em Ciência do Solo; UFRRJ; <sup>(5)</sup> Pesquisador; Embrapa Agrobiologia; Seropédica, RJ; <sup>(6)</sup> Pesquisador; Embrapa Solos; Rio de Janeiro, RJ.

**RESUMO:** O plantio misto de eucalipto com *Acacia mangium* pode promover alterações no acúmulo de biomassa e na eficiência de uso de nutrientes (EUN) pelo eucalipto. Entretanto, tais alterações dependem do arranjo de plantio dessas espécies. O objetivo desse estudo foi avaliar o acúmulo de biomassa e a EUN na parte aérea do eucalipto, em plantios puros e mistos com *A. mangium*. Localizado em Seropédica, RJ, o experimento avaliou 4 arranjos de plantio: eucalipto puro 3x3 m (E100); eucalipto puro + ureia 3x3 m (E100+N); plantios mistos 3x3 m (A50:E50) e 3x1,5 m (A100:E100). Nos plantios mistos a espécie leguminosa foi intercalada ao eucalipto na linha de plantio. A biomassa de frações da parte aérea foi estimada aos 30 meses de idade por inventário florestal e modelos alométricos elaborados para este experimento. A EUN foi estimada pelo cálculo do coeficiente de utilização biológica (CUB). Os arranjos com maiores acúmulos de biomassa aérea de eucalipto foram E100+N e A50:E50 (com densidade de árvores igualada aos demais tratamentos). No entanto, E100+N apresentou baixos valores de CUB, enquanto que em A50:E50 esses valores foram de 3 a 6 vezes maiores que nos demais tratamentos. O arranjo A100:E100 não diferiu de E100 quanto à produção de biomassa de eucalipto, mas também apresentou valores de CUB superiores. Esses resultados sugerem a ocorrência de interações de facilitação e complementariedade no plantio misto do eucalipto com *A. mangium*. A alta EUN do eucalipto no arranjo A50:E50 indica o alto potencial de uso desse sistema de produção em solos de baixa fertilidade.

**Termos de indexação:** interações ecológicas; produção de biomassa; coeficiente de utilização biológica.

### INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil possui cerca de 4,9 milhões de hectares de florestas plantadas do gênero *Eucalyptus spp.* (ABRAF, 2012), sendo sua maioria

plantado em sistema de monocultivo. Visando aumentar a diversidade, produtividade e a qualidade do solo desses cultivos, tem sido proposto o consorciamento do eucalipto com leguminosas arbóreas fixadoras de N (Balieiro et al., 2008b; Vieira et al., 2013). Estudos têm mostrado que o consórcio de eucalipto com *Acacia mangium* pode atribuir uma maior produtividade ao eucalipto (Forrester et al., 2006), além de oferecer ao produtor uma diversificação dos produtos florestais (Coelho et al. 2007; Voigtlaender et al. 2012).

Para avaliar a viabilidade técnica desse sistema de plantio misto, podem ser utilizados parâmetros que buscam quantificar a eficiência produtiva do povoamento. A eficiência de uso de nutrientes (EUN) ou coeficiente de utilização biológica (CUB) (Barros et al., 1986; Baligar e Fageria, 1997) são definidos, em senso fisiológico, como a quantidade de matéria seca produzida por unidade de nutriente absorvido. Esse coeficiente pode ser usado para seleção de genótipos ou mesmo de sistemas de produção que maximizem a eficiência no uso dos recursos.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o conteúdo de N, P, K, Ca e Mg nos tecidos da parte aérea de eucalipto, bem como determinar a eficiência na utilização desses nutrientes em plantios puros e mistos de eucalipto e *Acacia mangium*.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de um experimento implantado no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ (22° 46' de latitude sul e 43° 41' de longitude oeste; 33 m de altitude). O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com verões chuvosos e invernos secos, média pluviométrica anual de 1.250 mm, temperaturas médias mensais variando de 16°C (junho a julho) a 32°C (janeiro e março), média anual em torno de 24°C e a umidade relativa média anual é de 73%. O solo da área corresponde a um Planossolo Háplico (Ramos et al., 1983), com

um horizonte superficial muito arenoso, formado pela eluviação de argila, e um horizonte glei em profundidade variada, caracterizado pela textura mais argilosa e pela influência do lençol freático em pontos mais baixos da topossequência. Este solo é tipicamente distrófico e com baixa capacidade de retenção e estocagem de C (Balieiro et al., 2008a). O relevo da área é predominantemente suave com declividade máxima de 5 %.

O experimento foi constituído por quatro blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo dois arranjos de preparo do solo em parcelas (36 m x 105 m) e 4 arranjos de plantio de *Eucalyptus urograndis* (clone do híbrido *E. urophylla* S. T. Blake x *E. grandis* W. Hill ex Spreng) e *Acacia mangium* Willd. em subparcelas (18 m x 21 m) (**Tabela 1**). Para esse trabalho são apresetados apenas os resultados referentes aos arranjos de plantio.

Para a estimativa da biomassa dos compartimentos da parte aérea, foram utilizados os modelos alométricos elaborados para este experimento (**Tabela 2**). Para o ajuste destes modelos, foi realizado um censo das árvores da parcela útil, obtendo-se os valores de altura total e diâmetro à altura do peito (DAP) de cada arranjo de plantio aos 30 meses após o plantio. O conjunto de dados foi dividido em três classes de DAP (inferior, médio e superior), dentro de cada arranjo, com base em histogramas (**Tabela 1**). Posteriormente, foram abatidas 2 árvores que representassem o valor mediano de cada classe para cada arranjo.

Para possibilitar a comparação entre arranjos com densidades de plantio diferentes, os dados de biomassa e conteúdo de nutrientes do arranjo A50:E50 foram duplicados para igualar a densidade de plantas de eucalipto por hectare.

Após o abate das árvores, os componentes formadores da biomassa aérea (folhas, galhos e tronco) foram separados e pesados no campo. Amostras de folhas e galhos foram coletadas para determinação da concentração de N, P, K, Ca e Mg. Amostras de tronco foram obtidas a partir da retirada de discos em três pontos ao longo do comprimento do fuste e também caracterizadas quanto aos teores dos macronutrientes.

O acúmulo dos nutrientes na parte aérea foi estimado a partir da multiplicação dos pesos de matéria seca de cada compartimento, estimados pelos modelos alométricos, e os respectivos teores médios de cada nutriente (obtidos das árvores abatidas).

Os valores de CUB foram obtidos segundo cálculo proposto por Barros et al. (1986), o qual constitui a razão entre a quantidade de matéria seca

de tronco e a quantidade do nutriente no tronco.

Após a verificação da normalidade e homogeneidade de variância, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) considerando o delineamento em blocos com parcelas subdivididas. As médias das variáveis deste estudo foram discriminadas pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e comparados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O software utilizado para as análises foi o R<sup>®</sup> (R Development Core Team, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Acúmulo de biomassa e nutrientes

Os arranjos A50:E50 e E100+N, após feita a equalização da densidade de plantas de eucalipto por hectare do primeiro, apresentaram a maior produção de biomassa total aos 30 meses de idade, equivalentes a 66 Mg/ha e 49 Mg/ha, respectivamente (**Tabela 3**). A alta produção de biomassa do eucalipto no arranjo E100+N pode ser atribuída à fertilização nitrogenada, exclusiva desse arranjo. A alta resposta do eucalipto à adubação com N pôde ser vista pela baixa produção do tratamento E100. De fato, o acúmulo de N na biomassa do arranjo E100+N foi bem superior àquele dos demais arranjos, o que refletiu também em maior acúmulo dos demais nutrientes, irrespectivamente à fração da biomassa considerada (**Tabela 3**). Em contrapartida, os valores de CUB desse arranjo foram os menores para N e K, e junto ao arranjo E100, também o menor para Ca.

Já a alta produção (relativa) de biomassa do arranjo A50:E50 pode ser atribuída à menor densidade de plantas de eucalipto e à menor competição interespecífica. Nesse tratamento foram encontrados os maiores valores de CUB, os quais foram de 3 a 6 vezes maiores, dependendo do nutriente considerado, relativo aos demais arranjos de plantio (**Tabela 4**). Essa maior produção de biomassa e EUN pode ser resultado de relações ecológicas de complementariedade e facilitação entre as duas espécies consorciadas.

O arranjo A100:E100 apresentou acúmulo de biomassa total de eucalipto equivalente a 28,5 Mg/ha aos 30 meses de idade (**Tabela 3**). Esse menor acúmulo, relativo ao arranjo A50:E50, pode ser resultado da maior competição inter- e intraespecífica, em decorrência da maior densidade de árvores. No entanto, em comparação ao tratamento E100, o A100:E100 não diferiu na produção de biomassa total de eucalipto, apesar do dobro da densidade de árvores considerando ambas as espécies. Também relativo a E100, A100:E100 apresentou valores de CUB maiores para todos os



nutrientes à excessão do N (**Tabela 4**), sugerindo, assim como em A50:E50 a ocorrência de facilitação e complementariedade entre as duas espécies sob plantio misto.

O eucalipto sob o arranjo A100:E100 também apresentou, em relação a E100 e A50:E50, maiores acúmulos de N no tronco e galhos (**Tabela 3**). Este resultado sugere que a presença da *A. mangium* em alta densidade contribuiu no acúmulo deste nutriente na biomassa do eucalipto, um provável efeito do aumento da disponibilidade de N do solo pela decomposição da serrapilheira da acácia de baixa relação C/N (Balieiro et al., 2004; Balieiro et al., 2008b). Em contrapartida, quando comparado os plantios consorciados A100:E100 e A50:E50, o eucalipto neste último apresentou maior valor de CUB para o N, sugerindo que a densidade de plantio afeta o efeito de facilitação causada pela interação entre as duas espécies.

### CONCLUSÕES

Os altos valores de CUB do eucalipto quando consorciado com *Acacia mangium* no menor adensamento de plantio (A50:E50), mostra que o plantio misto dessas espécies representa uma alternativa interessante para produção em solos de baixa fertilidade, devido à alta eficiência de conversão do nutriente absorvido em madeira. Por outro lado, os baixos valores de CUB no monocultivo do eucalipto adubado com N mineral, demonstra que esse sistema pode empobrecer o solo mais rapidamente, caso os nutrientes exportados não sejam repostos pela adubação.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERJ (Nº E26/110.821/2010) e à FAPESP (Nº 2010/16623-9) pela disponibilização de recursos para o desenvolvimento desta pesquisa.

### REFERÊNCIAS

BALIEIRO, F.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M. Dinâmica da serrapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39. p.597-601, 2004.

BALIEIRO, F.C.; OLIVEIRA, W.C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PICCOLO, M.C.; JACCOUD, C.F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. Revista Árvore, v.32, p.153-162, 2008a.

BALIEIRO, F. C.; ALVES, B. J. R.; Pereira M.G.; FRANCO, A. A.; FARIA, S. M.; CAMPELLO, E. F. Biological nitrogen fixation and nutrient release from litter of the guachapele leguminous tree under pure and mixed plantation with eucalyptus. Cerne, v.14, p.185-193, 2008b.

BALIGAR, V.C., FAGERIA, N.K. Nutrient use efficiency in acid soils: nutrient management and plant use efficiency. In: Plant-Soil Interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Moniz, A.C., Furlani, A.M.C., Schaffert, R.E., Fageria, N.K., Rosolem, C.A., Cantarella, H. (Editores). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 75-95, 1997.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais – descrição de uma metodologia. Revista Árvore, v.10, p.112-120, 1986.

COELHO, S.R.F.; GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M.; MOREIRA, R.M.; SILVA, E.V.; LACLAU, J.-P. Crescimento, nutrição e fixação biológica de nitrogênio em plantios mistos de eucalipto e leguminosas arbóreas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, p.759-768, 2007.

FORRESTER, D. I.; BAUHUS, J.; COWIE, A. L. On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. Forest Ecology and Management, v.209, p.147-155, 2005.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia, v.8, p.1-27, 1973.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; LIBERALESSO, E.; CALDEIRA, M.V.W.; WATZLAWICK, L.F. Plantio Misto de *Eucalyptus* spp. com leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio. Floresta e Ambiente, v.20, p.16-25, 2013.

VOIGTLAENDER, M.; LACLAU, J.P.; GONÇALVES, J.L.M.; PICCOLO, M.C.; MOREIRA, M.Z.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J.; BOUILLET, J.P. Introducing *Acacia mangium* trees in *Eucalyptus grandis* plantations: consequences for soil organic matter stocks and nitrogen mineralization. Plant and Soil, v.352, p.99-111, 2012.

**Tabela 1** – Composição, densidade de árvores de eucalipto (E) e *Acacia mangium* (A) e espaçamentos utilizados nos arranjos alocados nas subparcelas.

Arranjo	Composição	Densidade	Espaçamento (m)
E100	Eucalipto em monocultivo	100% E <sup>1</sup>	3 x 3
E100+N <sup>3</sup>	Eucalipto com adubação nitrogenada	100% E	3 x 3
A100:E100	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	100% A x 100% E	3 x 1,5
A50:E50	<i>A. mangium</i> x Eucalipto	50% A x 50% E <sup>2</sup>	3 x 3

<sup>1</sup> As subparcelas com densidade 100% apresentam 42 árvores no total (densidade de 1111 árvores/ha).

<sup>2</sup> A subparcela A100:E100 apresenta 84 árvores, 42 de cada espécie (densidade de 2222 árvores/ha).

<sup>3</sup> N aplicado na forma de uréia (100 kg/ha de N sendo 30 kg/ha no plantio e 30+40 kg/ha aos 6 e 12 meses pós-plantio).

**Tabela 2** – Modelos alométricos para estimar as frações da biomassa.

Fração	Modelo alométrico
Folha	$\ln Y = 0,987 + 3,9125 \ln(\text{DAP}) - 3,3317 \ln(\text{H})$
Galho	$\ln Y = -3,054 + 3,5480 \ln(\text{DAP}) - 1,5230 \ln(\text{H})$
Tronco	$\ln Y = -3,840 + 2,3432 \ln(\text{DAP}) + 0,5556 \ln(\text{H})$

Y: Biomassa em kg árvore<sup>-1</sup>; DAP: diâmetro à altura do peito; H: altura total da árvore.

**Tabela 3** – Biomassa e conteúdo médio de N, P, K, Ca e Mg nos diferentes compartimentos de *Eucalipto urograndis* em plantios puros e mistos com *Acacia mangium*.

Arranjo	Fração	Biomassa (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Conteúdo (kg.ha <sup>-1</sup> )										
			N	P	K	Ca	Mg						
E100	Folha	6,49	b	134,07	b	8,69	a	46,05	ab	42,96	a	14,65	b
	Galho	3,56	c	9,56	c	3,01	b	8,10	b	16,15	b	3,64	b
	Tronco	13,85	b	14,28	c	2,13	b	18,96	b	5,97	bc	2,20	b
	Total	23,90	b	157,91	bc	13,83	b	73,10	b	65,08	b	20,50	b
E100N	Folha	8,86	b	192,29	a	9,49	a	61,82	a	46,33	a	23,31	a
	Galho	7,22	ab	20,98	a	4,81	a	16,18	a	26,94	a	6,23	a
	Tronco	33,03	a	36,92	a	3,73	a	56,40	a	14,65	a	4,17	a
	Total	49,12	a	250,18	a	18,04	a	134,40	a	87,93	a	33,72	a
A100:E100	Folha	6,10	b	128,89	b	5,82	b	42,82	bc	34,79	a	14,72	b
	Galho	4,21	bc	14,73	b	2,10	c	9,05	b	11,57	c	2,69	bc
	Tronco	18,12	b	21,55	b	2,09	b	19,13	b	7,57	b	2,28	b
	Total	28,43	b	165,17	b	10,02	b	71,00	b	53,94	b	19,70	b
A50:E50 <sup>1</sup>	Folha	15,78	a	93,00	b	3,60	b	27,00	c	20,82	b	7,96	c
	Galho	10,25	a	5,94	c	1,50	c	4,31	c	8,70	c	2,08	c
	Tronco	40,01	a	9,29	c	1,40	c	10,94	c	4,82	c	1,45	c
	Total	66,05	a	108,23	c	6,50	d	42,24	c	34,35	c	11,49	c

Arranjos com médias seguidas da mesma letra na coluna, no mesmo compartimento, não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05);

<sup>1</sup> Neste arranjo de plantio os valores de biomassa e conteúdo de nutrientes foram multiplicados por 2 para igualar à densidade de plantas de eucalipto / ha dos demais arranjos.

**Tabela 4** – Coeficiente de utilização biológica (CUB)<sup>1</sup> de N, P, K, Ca e Mg de *Eucalipto urograndis* em plantios puros e consorciados com *Acacia mangium*.

Arranjo	CUB									
	N	P	K	Ca	Mg					
E100	970	b	6508	c	730	c	2319	c	6290	c
E100+N	895	c	8845	b	579	d	2254	c	7912	b
A100:E100	848	d	8792	b	955	b	2412	b	8012	b
A50:E50	4312	a	28588	a	3658	a	8303	a	27757	a

Médias seguidas de mesma letra entre linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

<sup>1</sup> Segundo metodologia de Barros et al. (1986), compreendendo a quantidade de matéria seca de tronco produzida pela quantidade de nutriente presente no tronco.