
EFEITO DA OMISSÃO DE NUTRIENTES EM BROTAÇÕES DE EUCALIPTO

LIMA, Angela Simone Freitag¹
GONÇALVES, José Leonardo Moraes¹
GONÇALVES, Antônio Nata¹

Recebido em: 2017.07.14

Aprovado em: 2018.04.18

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2836

RESUMO: Este trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da omissão de nutrientes nos teores de micronutrientes em brotações de *E. urograndis*. O estudo foi realizado em dois povoamentos localizados nos municípios de Brotas e Mogi Guaçu. Para avaliar os efeitos da omissão de nutrientes foram aplicados os seguintes tratamentos: T1: controle; T2: fertilização completa; T3: fertilização completa (-N); T4: fertilização completa (-P); T5: fertilização completa (-K); T6: fertilização completa (-Ca e Mg); T7: fertilização completa (-B); T8: fertilização completa (-Cu); T9: fertilização comercial da empresa. As avaliações foliares foram feitas aos 6, 12 e 18 meses após corte com coleta de 5 folhas em cada ponto cardinal cinco folhas do terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento de folhas dos galhos, de quatro árvores por parcela, gerando um total de 20 folhas por árvore. As amostras foram secadas em estufa e em seguida processadas e avaliadas. Foi possível concluir que nos experimento em Brotas, a omissão de nutrientes apresentou efeito significativo nos teores foliares de P, K e Mg. Já em Mogi Guaçu, houve interferência negativa da omissão de N, P e Cu de forma mais expressiva em relação aos teores de N e P, principalmente aos doze meses.

Palavras-chave: Macronutrientes. Talhadia. *E. urograndis*.

EFFECT OF NUTRIENTS OMISSION IN THE EUCALYPTUS SHOOTS

SUMMARY: The objective of this work was to evaluate the effect of nutrient omission on micronutrient contents in *E. urograndis* shoots. The study was carried out in two stands located in the municipalities of Brotas and Mogi Guaçu. In order to evaluate the effects of the omission of nutrients, the following treatments were applied: T1: control; T2: complete fertilization; T3: complete fertilization (-N); T4: complete fertilization (-P); T5: complete fertilization (-K); T6: complete fertilization (Ca and Mg); T7: complete fertilization (-B); T8: complete fertilization (-Cu); T9: commercial fertilization of the company. The leaf evaluations were done at 6, 12 and 18 months after harvesting with 5 leaves at each cardinal point five leaves of the upper third of the crown, in the antepenultimate leaf release of the branches, of four trees per plot, generating a total of 20 Leaves per tree. The samples were oven dried and then processed and evaluated. It was possible to conclude that in the experiment in Brotas, the omission of nutrients had a significant effect on the leaf contents of P, K and Mg. In Mogi Guaçu, there was a negative interference of the omission of N, P and Cu in a more expressive way in relation to N and P contents, mainly at twelve months.

Keywords: Macronutrients. Coppice. *Eucalyptus urograndis*

INTRODUÇÃO

No Brasil atualmente, os plantios de eucalipto ocupam uma área de 5,6 milhões de hectares, o que representa 71,9% do total de florestas plantadas no país (IBA, 2015). Após a crise de 2010, onde várias empresas se sentiram obrigadas a reduzir custos, para o setor florestal a talhadia apresenta-se como uma alternativa, onde o investimento para conduzir uma floresta são bem menores que a implantação de uma nova floresta (reforma).

¹ USP/ESALQ

A sua grande utilização se justifica, dentre outros, pelos seguintes aspectos: produção de madeira de pequenas a médias dimensões, simplicidade de execução do corte, dispensa a produção de mudas, preparo de solo e novo plantio, facilidade de planejamento da produção madeireira a curto e médio prazos, menores custos por volume de madeira produzido, e ciclos de cortes mais curtos com antecipação de retornos financeiros (LAMPRECHT, 1990; EVANS, 1992). Oriani (2009) verificou uma redução nos custos da talhadia em relação à reforma de 50% sendo que apenas no primeiro ano, estes custos foram 65% menores em relação à reforma.

Segundo Miranda (1998), após a desbrota, inicia-se uma nova fase de crescimento para os brotos remanescentes, ocasião em que a planta requer maior quantidade de nutrientes do solo. Não havendo variação nas propriedades físicas do solo e nas condições climáticas de uma rotação para a outra, a redução da produtividade pode ser atribuída à deficiência de nutrientes, decorrente da exportação destes por meio da colheita dos troncos (FARIA et al., 2002). No que diz respeito ao acúmulo de nutrientes, toma-se o potássio como exemplo, por ser este o nutriente no qual se tem constatado maiores respostas de crescimento pelos povoamentos conduzidos por brotação (BARROS et al., 1997).

Há, portanto, segundo Reis e Reis (1997), que se considerar que as reservas nas raízes são importantes para a manutenção do crescimento inicial, havendo, porém, necessidade de suprimento de fertilizante para a manutenção da taxa elevada de crescimento, o que favorecerá atingir a produção máxima em idades mais jovens, implicando em maior taxa de retorno da floresta manejada por brotação.

A existência de um sistema radicular já desenvolvido, quando os brotos passam a depender mais diretamente do solo, é muito importante no processo de absorção de água e nutrientes e, certamente, esta é uma das razões de se ter produção mais elevada na segunda rotação, desde que não existam fatores limitantes ao crescimento (REIS; REIS, 1997).

Desta forma, a adoção da adubação pré-colheita é de suma importância, pois segundo Barros et al. (1997), há uma demanda antecipada e uma pressão nutricional sobre o solo destes povoamentos devido a existência de um sistema radicular já parcialmente estabelecido nos povoamentos de brotações, o que torna o problema uma mera questão de tempo e de quantidade.

A partir disso, faz-se necessário um estudo que venha responder as questões de ordem nutricional com o interesse em encontrar respostas e assim favorecer a implantação da talhadia como manejo de florestas. Portanto, este estudo teve como objetivos avaliar o efeito da omissão de macronutrientes na emissão e desenvolvimento de brotações de brotações clonais de *E. urograndis* em duas áreas.

MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado em dois povoamentos comerciais de *E. urograndis* (H15), localizados nos municípios de Brotas (22°17'03" sul de latitude, 48°07'36" oeste de longitude e altitude média de 647 m) e Mogi Guaçu (22°22'20" sul de latitude, 46°56'32" oeste de longitude e altitude média de 591 m), região nordeste do estado de São Paulo. Os solos das duas áreas foram classificados como LVA distrófico de textura média, ambos localizados em um relevo suave-ondulado (DEMATTE, 2000). São solos profundos e bem drenados.

O clima da região de Brotas é do tipo Cwa (subtropical úmido, com verão úmido e inverno seco), segundo a classificação de Köppen. No período de experimentação, constataram-se temperaturas médias anuais de 21°C. A precipitação pluviométrica média em 2010 foi de 106 mm, enquanto que em 2011 este valor chegou a 152 mm, concentrando-se entre os meses de outubro e março. Em Mogi Guaçu, o clima também é do tipo Cwa com temperatura anual média de 21°C (Moraes et al., 1995). No período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, foram verificadas temperaturas médias anuais de 22°C, precipitação

pluviométrica média de 131 mm em 2010 e 88 mm em 2011, concentrando-se entre os meses de outubro e abril.

Para as caracterizações químicas e físicas do solo, foram coletadas dez amostras simples de solo, por parcela, em um transecto diagonal à área útil de cada parcela (Tabela 1). Essas amostras originaram uma amostra composta por parcela, que foi seca ao ar, homogeneizada, destorroada e peneirada a 2 mm. A amostragem foi feita antes da aplicação dos fertilizantes, nas camadas de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm.

TABELA 1 – Análise granulométrica e química do solo (LATOSSOLO Vermelho-amarelo distrófico) das áreas experimentais de Brotas e Mogi Guaçu, SP

Prof.	Arg.	Silte	Areia	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H	Al	SB	S-SO ₄ ²⁻	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	----- g Kg ⁻¹ -----			mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmolc dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----						
Brotas																		
0 - 5	90	10	900	6,3	24,3	4,2	0,7	11,3	2,0	52,0	8,0	13,7	9,3	0,2	0,4	118,3	6,0	0,3
5 - 10	90	20	890	5,3	21,3	4,2	0,7	11,7	1,3	50,7	7,7	13,7	6,3	0,2	0,4	87,3	4,4	0,3
10 - 20	90	10	900	7,7	17,0	4,0	0,7	3,3	0,7	48,0	8,7	4,3	7,3	0,2	0,4	62,7	2,5	0,3
20 - 40	100	10	900	7,3	11,3	3,9	0,7	2,7	0,3	39,7	8,0	3,7	12,3	0,2	0,4	38,7	1,5	0,2
Média	92,5	12,5	897,5	6,7	18,5	4,1	0,7	7,3	1,1	47,6	8,1	8,8	8,8	0,2	0,4	76,8	3,6	0,3
Mogi Guaçu																		
0 - 5	120	10	870	6,3	22,7	4,0	0,7	5,7	6,0	41,0	5,3	12,7	6,7	0,3	0,2	83,3	14	0,9
5 - 10	100	20	880	5,7	17,7	3,9	0,6	5,3	4,3	40,3	6,3	10,0	7,3	0,3	0,2	101,3	8,0	0,5
10 - 20	100	10	890	5,3	15,7	3,9	0,5	2,7	3,3	39,3	8,0	6,3	4,3	0,2	0,2	97,3	5,4	0,3
20 - 40	100	10	890	2,7	9,3	3,9	0,5	2,3	1,7	35,3	7,7	4,7	4,0	0,2	0,2	65,7	2,5	0,1
Média	105	12,5	882,5	5,0	16,3	3,9	0,6	4,0	3,8	39,0	6,8	8,4	5,6	0,3	0,2	86,9	7,5	0,5

O plantio das mudas no campo foi efetuado no espaçamento de 3,00 m x 2,75 m. O primeiro corte raso do povoamento foi feito com uso de sistema Feller-Buncher em maio de 2010, com a idade de 6,4 anos em Brotas e 6,8 anos em Mogi Guaçu. Após a colheita da floresta os resíduos foram bem distribuídos sobre o solo em toda a área com a finalidade de facilitar o deslocamento de veículos e a posterior aplicação dos tratamentos de adubações parceladas. Todos os resíduos sobre as cepas foram retirados, de modo a não prejudicar a emergência das brotações.

Os tratamentos foram instalados no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental apresentava bordadura dupla e era composta por 64 plantas ao total. Destas, 16 plantas formaram a unidade experimental. Ao todo, cada experimento ocupou 2,5 ha. Nos sítios a serem manejados por talhadia com avaliação da fertilização foram aplicados os seguintes tratamentos. Para avaliar os efeitos da omissão de nutrientes quanto aos teores foliares de macronutrientes para o *E. urograndis*, foram aplicados os seguintes tratamentos em blocos casualizados: T1: controle; T2: fertilização completa; T3: sem fertilização nitrogenada (-N); T4: sem fertilização fosfatada (-P); T5: sem fertilização potássica (-K); T6: sem fertilização com Cálcio e Magnésio (-Ca e Mg); T7: sem fertilização com boro (-B); T8: sem fertilização com cobre (-Cu), T9: fertilização comercial, aplicada após o colheita da floresta.

A aplicação da fertilização foi feita de forma parcelada em quatro épocas, para diminuir os riscos de perda de nutrientes por lixiviação e maximizar a absorção destes pelo sistema radicular. A primeira foi realizada uma semana antes da colheita da floresta, nas parcelas demarcadas a campo, com aplicação de 1/3 das doses de N, P₂O₅, K₂O, calcário dolomítico e B. Uma semana após a colheita realizou-se a aplicação da fertilização contendo os 2/3 restantes de fosfato (P₂O₅) e Ca e Mg.

Um mês após a colheita, foram feitas a fertilização completa (N, K₂O, B e Cu) e a fertilização com omissão de nutrientes, com aplicação de mais 1/3 da dosagem estipulada. Sete e oito meses pós-colheita, aplicou-se o restante da formulação (33,3%) contendo N, K₂O e B. A aplicação da fertilização foi feita manualmente, com o uso de um copo dosador. As parcelas experimentais foram mantidas livres de mato competição usando capinas químicas com herbicidas pós-emergentes.

Para as análises foliares, foram coletadas em cada ponto cardeal cinco folhas do terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento de folhas dos galhos, de quatro árvores por parcela, gerando um total de 20 folhas por árvore. As amostras deram origem a uma amostra composta por parcela e foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos.

As amostras foram secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65° C até massa constante e em seguida processadas em Moinho tipo Willey (modelo MA680/1). No laboratório, a concentração de N foi determinada por destilação (semimicro - Kjeldhal) após digestão sulfúrica. As concentrações de Ca e Mg foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica, as de K e Na por espectrofotometria de chama e a de P por espectrofotometria em extrato nítrico - perclórico, conforme descrito por Malavolta et al. (1997). Essas amostras foram coletadas aos seis, doze e dezoito meses após a colheita.

Após as avaliações, os resultados foram processados com software estatístico SAS 9.1 for Windows (SAS INSTITUTE, 2002-2003). Para avaliar o efeito dos tratamentos (variáveis independentes) sobre as variáveis dependentes, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparações de médias por meio do teste Tukey, adotando-se o nível de significância de 5% (STORCK et al., 2000).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Muito se tem discutido sobre fertilizar ou não a floresta em segunda rotação e a importância desta fertilização para o rendimento das brotações futuras. Paula (2010) após seus estudos com condução de eucalipto em segunda rotação constatou que ao se fertilizar, deixando um broto por cepa, o IMA foi de 44,84 m³ ha⁻¹ano⁻¹ enquanto que em uma floresta sem fertilização, o IMA foi de 18,67 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Estes dados justificam a importância da fertilização em florestas bem como os resultados encontrados abaixo salientam a interferência de cada nutriente. De acordo com a análise de variância e o teste de médias das análises foliares, verificou-se efeito significativo para todos os macronutrientes nos tratamentos testados, com exceção do N e S nas três épocas e do Ca, aos doze e dezoito meses (Tabela 2).

TABELA 2 - Teores foliares médios de N, P, K, Ca, Mg e S em brotações de um clone de *E. urograndis* aos seis, doze e dezoito meses, nos diferentes tratamentos do experimento instalado em Brotas

Tratamentos		N			P			K		
Nº	Descrição	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m
g kg ⁻¹										
T1	Controle	20,9	16,5	13,7	1,3ab	0,8 b	0,7a	4,4b	2,8b	3,2c
T2	Fert. Completa	22,6	17,8	12,9	1,3ab	0,9 ^a	0,7a	8,7a	5,6a	5,0ab
T3	Sem fertilização N	22,6	16,7	13,3	1,4a	0,9 ^a	0,7a	8,9a	5,2a	5,9a
T4	Sem fertilização P	22,1	18,0	13,0	1,2b	0,9 ^a	0,6c	8,7a	5,8a	5,5ab
T5	Sem fertilização K	23,4	18,6	14,3	1,3ab	0,9 ^a	0,7a	4,6b	2,8b	4,1b
T6	Sem fertilização Ca	22,5	18,1	13,4	1,3ab	0,8b	0,6b	9,0a	5,9a	5,8a
T7	Sem fertilização B	22,6	17,5	13,0	1,4a	0,9 a	0,6b	8,7a	5,2a	5,7a
T8	Sem fertilização Cu	21,9	17,4	13,2	1,4a	1,0a	0,7a	9,5a	5,4a	4,6b
T9	Fert. Comercial	22,0	17,2	13,5	1,4a	1,0a	0,7a	4,5b	3,7b	4,3b
Média		22,3	17,5	13,3	1,3	0,9	0,7	7,4	4,7	4,9
Nº		Ca			Mg			S		
T1		6,2a	7,1	5,8	3,3a	2,6 ^a	3,0a	1,0	0,8	0,7
T2		4,0c	6,3	5,3	2,3c	2,3ab	2,3bc	1,3	0,7	0,6
T3		5,2bc	5,8	5,4	2,7bc	2,4ab	2,4bc	1,1	0,9	0,7
T4		4,4bc	5,9	5,0	2,4c	2,2c	2,3c	1,2	0,8	0,7
T5		5,4bc	6,4	5,8	3,1a	2,7 ^a	2,8a	1,4	0,8	0,7
T6		3,9c	6,3	4,8	2,4c	2,1c	2,0c	1,3	0,7	0,6
T7		4,4bc	5,9	5,0	2,4c	2,3ab	2,3bc	1,5	0,7	0,7
T8		4,0c	6,0	5,0	2,4c	2,3 ab	2,3bc	1,3	0,7	0,7
T9		5,8a	6,5	5,1	3,2a	2,6 ^a	2,7ab	1,1	0,7	0,7
Média		4,8	6,3	5,2	2,7	2,4	2,5	1,2	0,8	0,7

Médias seguidas por mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Em Brotas, os teores de N nas folhas não variaram entre os tratamentos, nas três idades avaliadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes (2009), em estudos com *E. grandis* e *E. urograndis* com idades de até dois anos, onde também constatou que não houve diferença entre os teores foliares de N nos tratamentos com e sem a adição de N.

Aos seis meses, os teores de N requeridos pelas brotações foram supridos pela mineralização desse elemento, presente na serapilheira oriunda da colheita da madeira. Aos doze e dezoito meses, os teores de N foram supridos pela serapilheira gerada pela própria brotação.

Apenas os tratamentos com a omissão de P e de K afetaram negativamente os teores desses nutrientes, apresentando o mesmo comportamento nas três idades. De fato, este estudo denota a importância da aplicação de adubação com K em quantidades suficientes para que as brotações de eucalipto tenham bom desenvolvimento. Segundo Faria et al. (2002), ao aumentar-se a dose de K na implantação, de modo geral, as árvores acumulam maior quantidade de N, P, Ca e Mg na copa e no tronco

Aos seis meses, os maiores teores de Ca foram encontrados no tratamento-controle, provavelmente devido ao efeito concentração, pois as árvores deste tratamento apresentaram menor crescimento. Os menores teores do nutriente foram verificados nos tratamentos com sua omissão, seguido pelo tratamento com a fertilização completa. Nas demais idades de avaliação, doze e dezoito meses, não se verificou diferença nos teores de Ca entre os tratamentos. A realização da calagem pré-colheita explica, em parte, esse efeito, indicando que a prática foi eficaz no suprimento de Ca às árvores.

Os maiores teores de Mg, aos seis meses, foram verificados no tratamento controle, com omissão de K e fertilização comercial. No tratamento com a omissão de Ca, em que não se aplicou o calcário dolomítico, foram encontrados os menores teores de Mg, aos doze e dezoito meses. Além do Ca, aos dezoito meses, os tratamentos com a omissão de P também apresentou redução nos teores de Mg.

Os maiores teores de Ca e Mg foram observados no tratamento com a omissão de K. Aparentemente, devido ao efeito de concentração, pois as árvores cresceram menos. Secundariamente, pode ter havido efeito antagônico dos cátions Ca e Mg na absorção de K (RAIJ, 1981). Este efeito é pouco provável, pois as concentrações desses três nutrientes são baixas em solos distróficos, como os usados neste estudo.

Aos seis meses os menores teores de N foram encontrados nos tratamentos com a adubação completa, a adubação comercial e a omissão de N, respectivamente. Nas demais idades não se constatou variação nos teores de S entre os tratamentos testados.

Em Mogi Guaçu, assim como em Brotas, não ocorreu efeito significativo nos teores de N entre os tratamentos; resultado semelhante foi verificado para os teores de Ca e S (Tabela 3). A variação do teor de N nas folhas, ao longo do tempo, em Mogi Guaçu, foi semelhante à ocorrida em Brotas. Esses teores diminuíram com o desenvolvimento das brotações, assim como os de S e P, dos seis aos dezoito meses, e de K, entre seis e doze meses. O maior teor de N aos seis meses deveu-se à maior taxa de absorção desse nutriente, comparativamente à taxa de crescimento.

Resultados semelhantes foram verificados por Rocha et al. (2004), em experimentos com o uso de biossólido aos 24 e 36 meses de idade. Os autores verificaram que os teores foliares de N foram menores que os iniciais, em decorrência de uma ou mais destas causas: (a) diluição das quantidades de N numa maior biomassa foliar, ou seja, a assimilação de N não se manteve proporcional à formação de folhas, ao longo do tempo, decorrente da velocidade de crescimento foliar maior do que a da absorção de N, ou da queda da disponibilidade de N no solo com o tempo (causa mais provável); (b) diminuição da demanda de N pela árvore, graças ao fechamento de copas e à queda do metabolismo foliar, ocasionada por maior auto e

intercompetição foliar por luz e água, sobretudo nas porções mais velhas das copas, e (c) retranslocação interna de N.

Após o fechamento de copas, a captação de luz e de água passam a ser fatores mais limitantes do que o próprio N. Mesmo com variações decrescentes de N, tanto em Brotas como em Mogi Guaçu, seus teores estão acima do recomendado por Gonçalves (2011) como o adequado ao eucalipto (entre 13 e 18 g kg⁻¹). Esses dados assemelham-se aos obtidos por Pulito (2009), que constatou, na fase inicial de crescimento, o acúmulo relativo de N maior do que o relativo de biomassa, fase em que há maior proporção de biomassa na forma de folhas, ramos novos e raízes finas, componentes com concentrações mais elevadas de N (REIS et al., 1987).

Aos seis meses, os maiores teores de P foram verificados nas folhas de eucalipto do tratamento comercial; já aos doze e dezoito meses, o teor de P não foi significativamente diferente entre os tratamentos.

TABELA 3 - Teores foliares médios de N, P, K, Ca, Mg e S em brotações de um clone de *E. urograndis* aos seis, doze e dezoito meses, nos diferentes tratamentos do experimento instalado em Mogi Guaçu

Tratamentos		N			P			K		
Nº	Descrição	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m	6 m	12 m	18 m
g kg^{-1}										
T1	Controle	20,8	17,7	16,3	1,3b	0,8	0,7	6,5cd	4,3cd	4,9c
T2	Fert. Completa	22,4	17,9	15,6	1,4ab	0,9	0,9	7,9ab	4,9bcd	6,3a
T3	Sem fertilização N	21,8	17,9	15,3	1,3ab	0,9	0,9	8,2a	5,6abc	6,1a
T4	Sem fertilização P	21,4	19,2	15,4	1,3ab	0,9	0,9	7,8abc	5,5abc	6,2a
T5	Sem fertilização K	22,6	18,9	16,6	1,3ab	0,9	0,9	6,0d	4,9bcd	5,3bc
T6	Sem fertilização Ca	22,3	18,6	15,3	1,4ab	0,9	0,8	8,4a	6,1ab	6,4a
T7	Sem fertilização B	22,8	18,7	15,0	1,4ab	0,9	0,8	8,3a	5,7ab	6,2a
T8	Sem fertilização Cu	22,2	18,3	15,8	1,3ab	0,8	0,9	8,2a	6,3a	6,5a
T9	Fertilização comercial	21,6	18,1	15,3	1,5a	1,0	0,8	6,8bcd	3,8d	5,8ab
Média		21,8	19,3	18,0	1,6	0,9	0,8	7,6	5,3	6,0
		Ca			Mg			S		
T1		4,7	7,3	7,6	1,6b	1,5b	1,5b	1,0	0,9	0,5
T2		4,4	6,7	7,3	1,5b	1,6b	1,6b	1,2	0,8	0,5
T3		4,4	7,5	7,8	1,6b	1,7b	1,5b	1,0	0,9	0,5
T4		4,2	7,0	8,0	1,6b	1,6b	1,6b	1,2	0,9	0,6
T5		4,9	7,4	7,6	1,8a	1,8 ^a	1,8a	1,1	0,8	0,7
T6		4,5	7,3	8,0	1,4c	1,3b	1,1b	1,2	0,9	0,5
T7		4,9	7,6	8,6	1,6b	1,6b	1,4b	1,2	0,8	0,6
T8		4,5	7,1	8,6	1,7ab	1,6b	1,5b	1,1	0,8	0,5
T9		4,3	7,0	7,1	1,8a	1,7 ^a	1,6a	1,0	0,9	0,5
Média		4,5	7,2	7,8	1,6	1,6	1,5	1,2	0,9	0,6

Médias seguidas por mesma letra minúscula, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Aos seis meses, os maiores teores de K foram verificados nos tratamentos com a omissão de N, e Ca, com valores variando de 8,25 a 8,40 g kg⁻¹ (Tabela 3). Aos dezoito meses, o tratamento-controle, a omissão de K e a adubação comercial foram os únicos em que ocorreu a redução de K nos teores foliares. Dessa forma, foi possível verificar nas duas áreas de estudo, principalmente até os doze meses de idade, uma relação inversa nos teores de N, e Ca, em relação aos teores de K nas folhas de eucalipto. Em solos com pH ácido como os estudados neste trabalho, o Ca²⁺ destas ligações é substituído por H⁺, o que aumenta drasticamente a permeabilidade das membranas pelo uso de agentes quelantes e promove o mesmo efeito e o efluxo (vazamento) de íons e compostos orgânicos de baixo peso molecular é observado.

Além das perdas devido ao pH ácido do solo, os teores de K assimilado nas folhas sofreram um efeito de diluição, proporcionado pelo desenvolvimento das brotações. Até os seis meses de avaliação, a área foliar das brotações era significativamente pequena e suprida, sem grandes deficiências, pelos teores de K presentes no solo, mesmo que em baixíssimas quantidades.

Após os doze meses e, principalmente, aos dezoito meses, as quantidades absorvidas eram as mesmas, mas com um agravante: as brotações encontravam-se no estágio de incremento na área foliar, para aumentar a fotossíntese e a consequente absorção de seiva e para desenvolver-se em altura. O potássio, absorvido como íon cátion (K⁺), é um nutriente que não faz parte de qualquer composto nas plantas, mas, de forma livre, regula muitos processos essenciais, tais como a fotossíntese, a abertura e o fechamento de estômatos, a absorção de água do solo, as atividades enzimáticas, a formação de amido e a síntese proteica (SENGIK, 2003).

Os teores de Ca não variaram entre os tratamentos; porém, mesmo sem efeito significativo, seus teores aumentaram ao longo das avaliações para todos os tratamentos, nas duas áreas experimentais.

Após todas as análises feitas em Mogi Guaçu, constatou-se que os nutrientes a interferirem mais no desenvolvimento das brotações foram aqueles onde houve omissão de N, P, Ca e principalmente o B. A influência do P no desenvolvimento aéreo das brotações em Mogi Guaçu é ratificada pela maioria dos experimentos realizados por Soares (2003), Almeida (2009) e Silveira et al (1999), entre outros autores, em estudos com *E. urograndis*; eles ressaltam ser o N e o P os nutrientes que mais afetam o principalmente em desenvolvimento em altura e em diâmetro.

Reis e Kimmins (1986) observaram redução significativa na quantidade de P e N nas raízes de *E. grandis*, até 2,5 meses após o colheita da parte aérea de plantas crescendo em casa de vegetação. A partir dessa idade, os autores verificaram o aumento na quantidade de nutrientes nas raízes, o que também coincidiu com o reinício do crescimento de raízes finas. Ou seja, a partir dessa idade, a planta, possivelmente, passou a utilizar maior quantidade de nutrientes provenientes do solo.

No entanto, em Brotas, a omissão de K na adubação foi o tratamento que mais interferiu negativamente no desenvolvimento das brotações clonais de *E. urograndis*. Outro fator que explica essa diferença entre as duas áreas, com relação ao teor de K, foi principalmente, à variação no teor de água retido no solo. A região de Mogi Guaçu apresenta um déficit hídrico menor que a região de Brotas por apresentar solo mais argiloso, o que favorece a retenção de água por períodos mais longos em relação ao solo arenoso. Sempre que o solo seca, diminui a difusão do potássio (OLIVEIRA et al., 2004), pois o coeficiente de difusão varia conforme o conteúdo volumétrico de água: quanto mais seco estiver o solo, mais tortuoso será o caminho da difusão.

O aumento do conteúdo volumétrico de água no solo reduz a tortuosidade do caminho de difusão (COSTA et al., 2009), aumentando o fator de impedância e, conseqüentemente, o fluxo difusivo, fazendo que, em Mogi Guaçu, o K esteja mais disponível para as plantas.

Dessa forma, mesmo com teores médios de K maiores nos solos de Brotas do que nos de Mogi Guaçu (Tabela 3), o efeito residual tende a ser menor. Com a omissão de K, de modo geral, ocorreu a tendência de maior acúmulo de N, P, Ca e Mg na copa e no tronco das árvores. Esta relação onde a presença de um elemento em quantidade superiores elimina outro elemento é chamada de sinergismo.

Os teores médios de K, encontrados nos solos de Brotas e de Mogi Guaçu (Tabela 03), são inferiores aos recomendados, devendo estar acima de $1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (GONÇALVES, 2011). Okado (2010) constatou que o eucalipto tem apresentado resposta à aplicação de K em solos com teor de 0,2 a $1,0 \text{ mmol}_c \text{ de K dm}^{-3}$. No entanto Barros et al. (1981), Scatolini et al. (1996) e Gava (1997), após estudos com eucalipto, verificaram que, em solos com valores próximos, ou acima, de $1,0 \text{ mmol}_c \text{ de K dm}^{-3}$, os resultados são contraditórios, não se encontrando, na maioria das vezes, respostas quanto à aplicação do nutriente; quando ocorrem, são justificadas pela estreita relação Ca:Mg (<1 unidade), ou pelo elevado valor de Ca^{++} e Mg^{++} no solo ($>8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Estudos feitos por Faria et al. (2002), com a aplicação de K em experimento com plantio de *E. grandis*, demonstraram que a produção volumétrica e o incremento médio anual da segunda rotação foram 54% superiores aos da dose de fertilizante da testemunha.

O K em Brotas assim como o N, P e B em Mogi Guaçu, foram os elementos limitantes ao desenvolvimento das brotações naquelas áreas. Segundo a lei do mínimo, o crescimento de uma planta está limitado por aquele nutriente que se encontra em menor proporção no solo, em relação à necessidade das plantas (RAIJ, 1981).

Segundo Raymond e Muneri (2000), em um estudo de aplicação de N e P em *E. globulus* em 4 locais diferentes, concluíram que os efeitos do fertilizante aplicado em crescimento e propriedades de madeira eram dependentes do local e relacionados à chuva. Parece não haver nenhuma resposta clara à pergunta de se a adição de fertilizante resultará em madeira de baixa qualidade.

O estudo sugere que a adição de fertilizante pode ser prejudicial a algumas propriedades da madeira em locais mais secos, mas podem não ter nenhum efeito principal em locais mais úmidos. Porém, a presença ou ausência de uma resposta de crescimento para o fertilizante aplicado não proverá nenhuma orientação sobre efeitos potenciais na qualidade da madeira.

Ao avaliar a fertilização adotada pela empresa em todos os plantios, percebeu-se que a aplicação de fertilizantes nas dosagens empregadas não está suprindo as necessidades desta espécie, nas regiões de estudo, principalmente quanto aos teores de K.

CONCLUSÃO

Em Brotas a omissão de nutrientes apresentou efeito significativo nos teores foliares de P, K e Mg. Em Mogi Guaçu, houve interferência negativa da omissão de N, P e Cu de forma mais expressiva em relação aos teores de N e P, principalmente aos doze meses.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. R. **Nutrição, crescimento, eficiência de uso de água e de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* fertilizados com potássio e sódio**. 2009. 112p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BARROS, N.F.et al. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK e de B e Zn. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, n.1, p. 90 -103, 1981.
- BARROS, N.F.; TEIXEIRA, P.C.; TEIXEIRA, J.L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. UFV. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.30, p.79-88, abr. de 1997.
- COSTA, J.P.V.et al. Fluxo difusivo de potássio em solos sob diferentes níveis de umidade e de compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.56–62, 2009.
- DEMATTÊ, J.A.M. **Levantamento semi-detalhado dos solos da Champion Papel e Celulose**. Mogi Guaçu: Champion Papel e Celulose, 2000. 85p.
- EVANS, J. *Plantation forestry in the clarendon press*, 1992. 403p.
- FARIA, G.E. et al. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.5, p.577-584, 2002.
- GAVA, J.L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 84-94, 1997.
- GOMES, S.S. **Predição da disponibilidade de nitrogênio e potencial de resposta à fertilização nitrogenada em plantações de eucalipto**. 2009. 80p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GONÇALVES, J.L.M. Fertilização de plantação de eucalipto. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 2., 2010. Campinas,. **Anais...** Campinas 11-12 abril 2011.p. 85-114.
- IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Anuário estatístico da indústria brasileira de árvores: ano base 2014**. Brasília: IBA, 80p., 2015.
- LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed.rev.atual. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. p. 76-77.
- MIRANDA, G.A. Produtividade de Povoamentos de Eucalipto em Regime de Talhadia, em função da Adubação Parcelada, no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Árvore**, Viçosa – Minas Gerais, v. 22, n.1, p. 51-59, 1998.
- OKADO, K. **Adubação com N, P₂O₅ e K₂O apenas em cobertura no crescimento de *Eucalyptus urograndis*, na região do Pontal do Paranapanema- SP**. 2010. 35p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, Presidente Prudente.
- OLIVEIRA, R.H.; ROSOLÉM, C.A.; TRIGUEIRO, R.M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, p.439-445, 2004.

ORIONI, C. Manejo de brotações na Conpacel. In: REUNIÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA DO PROGRAMA DE SILVICULTURA E MANEJO, 37. 2009. **Anais...** Piracicaba, SP. PTSM/IPEF, 2009. CD-ROM.

PAULA, R. N. Condução de rebrota em eucaliptos em segunda rotação. In: IV semana de atualização para Técnicos Florestais, 2010. **Anais...** Viçosa, MG. DEF-UFV, 2010. 1 CD-ROM.

PULITO, A.P. **Resposta à fertilização nitrogenada e estoque de nitrogênio biodisponível em solos usados para plantações de *Eucalyptus***. 2009. 59p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RAIJ, B. VAN. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto de Potassa e Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RAYMOND C. A.; MUNERI A. Effect of fertilizer on wood properties of *Eucalyptus globulus*. **Canadian Journal of Forest Research**. Ottawa. v.30, n. 1;p. 136-144,2000.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. UFV. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 11, n. 30, p. 9-22, maio 1997.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma sequencia de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex - Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.11, p.1-15, 1987.

REIS, M.G.F.; KIMMINS, J.P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus spp*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, n.2, p. 196-201, 1986.

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M.; MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biofósforo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, p.623-639, 2004.

SCATOLINI, F.M.et al. Parcelamento da adubação potássica em *E. grandis* em áreas de reforma da Votorantim celulose e papel S.A. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Lindóia. Solo-Suelo 96: **Anais eletrônicos...** Piracicaba: SBCS; SLCS, 1996. 1 CD-ROOM.

SENGIK, E.S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003. Disponível em <http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf> Acesso em: 20fev. 2013.

SILVEIRA, R.L.V.A.; GAVA, J.L.; MALAVOLTA, E. Efeito da omissão de macronutrientes, boro e zinco na rebrota do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26. 1999. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. 1 CD-ROM.

SOARES, M.A. **Influencia de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 2003. 112p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

STORCK, L.et al. **Experimentação Vegetal**. Santa Maria: UFSM, 2000. 198 p.