



Atributos químicos do solo em função de doses de potássio e de brotações de eucalipto⁽¹⁾.

Guilherme Defavari Sarto⁽²⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽³⁾; Ariádne Carla de Carvalho⁽⁴⁾; Salatiér Buzetti⁽⁵⁾, Heloisa Silva Bitencourt⁽⁶⁾, Mario João Moretti Neto⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP e apoio da Cargill Agrícola S/A.

⁽²⁾ Graduando; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp); Ilha Solteira, SP; guilhermedsarto@gmail.com ⁽³⁾ Professor Doutor; Unesp, mcmt Teixeirafilho@agr.feis.unesp.br ⁽⁴⁾ Graduanda; Unesp; ariadne2carvalho@gmail.com ⁽⁵⁾ Professor Doutor; Unesp; sbuzetti@agr.feis.unesp.br ⁽⁶⁾ Graduanda; Unesp; heelo_07@hotmail.com ⁽⁷⁾ Graduando, Unesp, mjmoretti88@yahoo.com.br.

RESUMO: A adubação potássica correta de florestas de eucalipto é uma das chaves para obtenção de altas produtividades de madeira no Cerrado. Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos na camada subsuperficial do solo em função de doses de potássio e do desenvolvimento de uma ou duas brotações de eucalipto, em segundo ciclo, em um solo com baixa fertilidade. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com 12 tratamentos e cinco repetições, dispostos em esquema fatorial 2x6, sendo: com um ou dois brotos de eucalipto; e seis doses de K₂O (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹), na forma de KCl. Na condução de dois brotos por cepa ocorreram menores teores de nutrientes (K, Ca, Mg, S-SO₄, B Mn) e SB e V% na camada subsuperficial do solo. Com dois brotos por cepa, o teor de B na camada sub-superficial solo diminui com a elevação das doses de potássio, enquanto que, para um broto por cepa houve redução da m%. O aumento das doses de potássio propiciou aumento linear do teor de K no solo, e redução dos teores de Ca, Mg e da H+Al na profundidade de 0,20-0,40 m.

Termos de indexação: *Eucalyptus urograndis*, teores de nutrientes no solo e segundo ciclo produtivo.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de deficiências nutricionais em florestas plantadas com eucalipto tem convergido para uma maior frequência de deficiência de K, P e B (Silveira et al., 2001). Ainda segundo estes autores, o P e o K são os nutrientes com maior incidência de deficiência nos plantios de eucalipto, sendo os mais limitantes ao seu crescimento em várias regiões florestais do Brasil.

De acordo com Faria et al. (2002), a queda de produtividade de povoamentos de eucalipto em segundo ciclo, pode ser atribuída à redução na fertilidade do solo devido à exportação de K e de outros nutrientes pela colheita do tronco no ciclo anterior. Aliado a isso, alguns silvicultores aplicam a mesma adubação de plantio ou não adubam.

De acordo com Silveira & Malavolta (2000), o teor de K na maioria dos solos com floresta, na profundidade de 0-20 cm, não é suficiente para atender a demanda das espécies de *Eucalyptus* durante o ciclo de produção. O *Eucalyptus* tem respondido à aplicação de K em solos cujos teores não ultrapassam 1,0 mmolc dm⁻³.

Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar os atributos químicos do solo em função de doses de potássio e do desenvolvimento de uma ou duas brotações de eucalipto, em segundo ciclo produtivo, em um solo com baixa fertilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na fazenda Caçula, fundo agrícola administrado pela Cargill Agrícola S/A, localizado no município de Três Lagoas - MS, com latitude de 20° 45' Sul e longitude de 51° 40' Oeste e com altitude de aproximadamente 320 m. O solo da área experimental é um Neossolo Quartzarênico álico, segundo a classificação da Embrapa (2013).

Com base na análise de solo (**Tabela 1**) e na exigência da cultura do eucalipto, dois meses antes da colheita (em 17 de outubro de 2012) do eucalipto do primeiro ciclo produtivo, realizou-se a calagem e a gessagem na área. Aplicou-se 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, com o intuito de se elevar a saturação por bases a 60%. Após a calagem, foram aplicados 700 kg ha⁻¹ de gesso (com 14% S e 17% Ca).

A primeira adubação foi realizada em dezembro de 2013 e todos os tratamentos receberam a aplicação de 65 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio), 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triplo), 2 kg ha⁻¹ de Zn (sulfato de zinco) e 2 kg ha⁻¹ de B (ácido bórico). Foi necessário, de acordo com as análises de solo e folhas, a segunda adubação (com o segundo parcelamento da adubação potássica) entre 18 a 24 meses após a definição dos brotos, sendo aplicado 1,5 kg ha⁻¹ de Cu (sulfato de cobre) 187 kg ha⁻¹ de N (nitrate de amônio), 1,5 kg ha⁻¹ de Zn (sulfato de



zinco) e 2 kg ha⁻¹ de B (ácido bórico). A segunda adubação de cobertura foi realizada em março de 2014.

Aos 15 meses após a definição dos brotos, foram realizadas amostragens de solo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, na linha de plantio do eucalipto, em dez pontos por parcela para formar uma amostra composta, com o intuito de se avaliar a alteração dos atributos químicos do solo (saturação por bases - V%, saturação por alumínio - m%, pH (CaCl₂), acidez potencial - H+Al, CTC, e os teores de M.O., P (resina), K, Ca, Mg, Al, S-SO₄, B (água quente), Cu (DTPA), Fe (DTPA), Mn (DTPA) e Zn (DTPA), conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001), após a aplicação dos tratamentos.

Tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 12 tratamentos e cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial de 2x6, sendo: com um ou dois brotos de eucalipto em segundo ciclo; e seis doses de K₂O (0, 50, 100, 150, 200 e 250 kg ha⁻¹) parceladas em duas aplicações com metade destas doses, na forma de KCl. A primeira adubação potássica foi realizada oito meses após a definição dos brotos (dezembro de 2013) e a segunda foi realizada onze meses após a definição dos brotos (março de 2014). Cada parcela útil será composta por 49 plantas, distribuídas em sete linhas com sete plantas cada, totalizando 367,5 m² de área.

Análise estatística

Os resultados foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias do número de brotos. Para o efeito de doses de potássio foi aplicada a regressão polinomial. Utilizou-se o programa de análise estatística SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na profundidade do solo de 0,20-0,40 m, quinze meses após a definição dos brotos de eucalipto (**Tabela 2**), os teores de K e Mn e o valor de SB foram superiores quando se optou pela condução de um broto por cepa, assim como ocorreu na camada arável. Este tratamento também proporcionou maiores V% e teores S-SO₄, Ca e Mg no solo, o que demonstra que houve maior absorção destes nutrientes pelos dois brotos por cepa, e confirma a importância desta camada sub-superficial para nutrição do eucalipto que apresenta sistema radicular profundo e vigoroso. Por outro

lado, a m% foi superior quando havia dois brotos por cepa de eucalipto, o que pode ser atribuído a maior absorção de K, Ca e Mg, aumentando assim porcentagem de saturação por alumínio.

O incremento das doses de potássio também propiciou aumento linear do teor de K na profundidade de 0,20-0,40 m do solo, aos 15 meses após a definição dos brotos de eucalipto (**Tabela 2**).

Contudo, houve redução dos teores de Ca, Mg e da H+Al nesta camada com o aumento da adubação potássica (**Tabela 2**), ou seja, as altas doses de K propiciaram desequilíbrio nos teores das bases trocáveis (Ca e Mg) no solo, ocorrendo uma competição do K com o Ca e Mg pelos pontos de CTC dos coloides do solo. Além disso, a absorção pelo K⁺ pelas raízes das plantas é mais fácil e rápida devido ao fato deste nutriente ser monovalente, ter raio iônico menor e ficar mais na solução do solo que o Ca e o Mg. Com isso, os teores de Mg estão baixos, de Ca médio e de K alto de acordo com Raij et al. (1997) o que não ocorreu na camada de 0-0,20, devido ao efeito do calcário dolomítico aplicado em superfície, que fornece Ca e Mg, fazendo com que estes teores sejam alto e médio, respectivamente.

Analisando os desdobramentos da interação número de brotos por cepa e doses de potássio, aos quinze meses após a definição dos brotos (**Tabela 3**), constatou-se maiores teores de B (nas doses de 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de K₂O) onde foi conduzido um broto por cepa, indicando assim, maior absorção de B pelo eucalipto quando se aplica altas doses de potássio e se tem dois brotos por cepa de eucalipto.

Quanto aos desdobramentos da interação doses de potássio dentro de número de brotos por cepa, aos quinze meses após a definição dos brotos (**Tabela 3**), houve ajuste a função linear decrescente para o teor de B apenas quando se optou por dois brotos por cepa.

Tabela 3 – Desdobramentos da interação número de brotos por cepa e primeira adubação para os atributos químicos do solo (B) na profundidade de 0,20-0,40 m, aos 15 meses após a definição dos brotos de eucalipto em função. Três Lagoas - MS, 2014.

Doses de K ₂ O	B (mg dm ⁻³)	
	Número de brotos por cepa	
	1	2 ⁽¹⁾
0	10,04a	12,36a
50	10,45a	10,68a
100	10,50a	11,14a
150	11,22a	8,06b



200	10,44a	7,46b
250	10,82a	7,90b

$$^{(1)}Y = 12,1021 - 0,02002x \quad (R^2=0,84)$$

Com relação a m% (**Tabela 4**), constatou-se que na opção de um broto por cepa, ao se aumentar a dose de K₂O diminui-se a porcentagem ocupada pelo alumínio, pois, a planta em doses maiores não absorve todo o K⁺ da solução, sendo que estes passam a ocupar parte da CTC dos colóides do solo que estavam ocupados pelo alumínio. Em contrapartida, observou-se maiores m%, nas doses de 150, 200 e 250 kg ha⁻¹ de K₂O, quando foram conduzidos dois brotos por cepa, indicando assim, maior absorção de potássio e liberação de H⁺ para o solo quando se tem dois brotos por cepa de eucalipto.

Tabela 4 – Desdobramentos da interação número de brotos por cepa e primeira adubação para os atributos químicos do solo (m) na profundidade de 0,20-0,40 m, aos quinze meses após a definição dos brotos de eucalipto em função. Três Lagoas - MS, 2014.

Doses de K ₂ O	m (%)	
	Número de brotos por cepa	
	1 ⁽¹⁾	2
0	51,00a	38,50a
50	36,00a	46,50a
100	46,50a	50,50a
150	36,50b	68,50a
200	21,50b	51,00a
250	23,00b	48,50a

$$^{(1)}Y = 48,8571 - 0,1089x \quad (R^2 = 0,79)$$

instituições que financiaram a pesquisa, à FAPESP e a Cargill Agrícola S/A.

REFERÊNCIAS

- FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. 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.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. Seja doutor do seu eucalipto. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.93, 2001. 23p.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. *Informações Agronômicas*, POTAFOS, Piracicaba, n. 91, 12p. 2000.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001. 285p.

CONCLUSÕES

Na condução de dois brotos por cepa ocorreram menores teores de nutrientes (K, Ca, Mg, S-SO₄, B Mn) e SB e V% na camada sub-superficial do solo.

Com dois brotos por cepa, o teor de B na camada sub-superficial solo diminui com a elevação das doses de potássio, enquanto que, para um broto por cepa houve redução da m%.

O aumento das doses de potássio propiciou aumento linear do teor de K no solo, e redução dos teores de Ca, Mg e da H+Al na profundidade de 0,20-0,40 m.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pela oportunidade, aos meus pais pelo apoio, ao meu orientador e colegas de trabalho e também as



Tabela 1 – Caracterização química inicial do solo da área experimental. Três Lagoas - MS, 2012.

Profundidade M	P resina mg dm ⁻³	M. O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC
0,00-0,20	4	11	4,0	0,4	1,0	1,0	25	9,0	2,0	27,0
Profundidade M	V %	m %	S-SO ₄ mg dm ⁻³	B**	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*	-----mg dm ⁻³ -----	
0,00-0,20	9	79	3	0,23	0,50	24,00	2,60	0,60		

**Água quente; *Determinado em DTPA. Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE.

Tabela 2 - Atributos químicos do solo na profundidade de 0,20-0,40 m, aos quinze meses após a definição dos brotos de eucalipto em função do número de brotos por cepa e da adubação potássica. Três Lagoas - MS, 2014.

Tratamentos	P resina# (mg dm ⁻³)	M. O. (g dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	K#	Ca	Mg#	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	SB	CTC
Brotos por cepa									
1	33,25a	11,50a	4,20a	4,67a	5,67a	3,08a	28,67a	13,78a	42,45a
2	39,50a	11,00a	4,06a	3,34b	4,08b	2,00b	28,33a	8,85b	37,18a
D.M.S. (5%)	19,83	0,89	0,16	1,24	1,16	0,90	4,22	3,55	5,32
Doses de K₂O									
0	50,75	11,75	4,10	1,18 ⁽¹⁾	6,50 ⁽²⁾	3,25 ⁽³⁾	33,75 ⁽⁴⁾	10,92	44,68
50	44,75	11,25	4,10	3,38	6,00	2,75	29,25	12,12	41,38
100	15,00	11,00	4,20	3,72	4,00	2,75	27,25	9,48	36,72
150	27,75	11,00	4,10	3,90	3,75	2,75	28,25	9,42	37,68
200	36,00	11,50	4,15	5,60	4,00	2,00	26,50	12,45	38,95
250	44,00	11,00	4,12	6,25	5,00	1,75	26,00	13,50	39,50
Teste F									
Brotos	0,48 ^{ns}	1,52 ^{ns}	3,74 ^{ns}	5,50*	8,96*	6,96*	0,03 ^{ns}	9,36*	4,74 ^{ns}
Adubação	1,42 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,20 ^{ns}	6,71**	3,20*	1,23 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,94 ^{ns}
B x A	0,60 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,76 ^{ns}	4,20 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,59 ^{ns}
C.V. (%)	28,50	8,82	4,35	14,13	11,66	15,18	8,23	34,89	14,88
Média Geral	36,38	11,25	4,13	4,00	4,88	2,54	28,50	11,32	39,82
Tratamentos	V (%)	m# (%)	S-SO ₄ # (mg dm ⁻³)	B#	Cu#	Fe	Mn#	Zn#	Al# (mmol _c dm ⁻³)
Brotos por cepa									
1	32,08a	35,25	6,54a	6,05	2,16a	34,75a	14,79a	3,27a	7,25a
2	23,58b	50,58	5,46b	5,00	2,10a	37,42a	4,45b	3,49a	8,92a
D.M.S. (5%)	6,65	11,62	1,06	2,06	1,04	4,32	4,93	0,89	2,44
Doses de K₂O									
0	24,25	44,75	35,75	6,12	2,42	44,25	8,45	5,20	8,75
50	29,00	41,25	41,75	6,66	2,00	28,25	13,18	4,05	8,25
100	26,00	47,00	29,00	5,00	1,80	32,75	7,52	1,92	8,75
150	24,25	52,50	36,75	4,68	1,48	32,75	6,65	1,70	9,50
200	30,50	36,25	34,25	5,13	2,05	42,75	11,07	3,42	6,50
250	33,00	35,75	44,00	5,56	3,02	35,75	10,85	3,98	6,75
Teste F									
Brotos (B)	7,90*	8,43*	4,60 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,84 ^{ns}	21,35**	0,31 ^{ns}	2,54 ^{ns}
Adubação (A)	0,94 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,87 ^{ns}	6,74**	0,82 ^{ns}	7,44**	0,78 ^{ns}
B x A	1,48 ^{ns}	1,73*	0,94 ^{ns}	0,49*	2,68 ^{ns}	4,87 ^{ns}	0,82 ^{ns}	5,57 ^{ns}	0,98 ^{ns}
C.V. (%)	26,61	16,11	19,63	19,26	17,90	13,33	25,89	12,80	16,12
Média Geral	27,83	42,92	36,92	5,52	2,13	36,08	9,62	3,38	8,08

B: Determinado em água quente; Cu, Fe Mn e Zn: Determinado em DTPA. Análise química realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo UNESP/FE.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

* e ** = significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

#Dados corrigidos seguindo a equação $(x+0,5)^{0,5}$

⁽¹⁾ Y = 1,7024 + 0,0184x (R² = 0,92)

⁽²⁾ Y = 5,8571 - 0,0078x (R² = 0,40)

⁽³⁾ Y = 3,2381 - 0,0056x (R² = 0,88)

⁽⁴⁾ Y = 31,7857 - 0,0263x (R² = 0,76)