



## Atributos químicos de solos em plantios de *Pinus taeda* quatro anos após a fertilização<sup>(1)</sup>.

Letícia Moro<sup>(2)</sup>; Paulo César Cassol<sup>(3)</sup>; Camila Adaime Gabriel<sup>(4)</sup>; Patrícia da Silva Paulino<sup>(5)</sup>; Wagner Sacomori<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES, apoiado pela Klabin S/A.

<sup>(2)</sup> Doutoranda em Ciência do Solo; Universidade do Estado de Santa Catarina; Lages, SC; leticia\_moro@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Professor; Universidade do Estado de Santa Catarina; <sup>(4)</sup> Aluna Especial do Mestrado em Ciência do Solo; Universidade do Estado de Santa Catarina; <sup>(5)</sup> Doutorando (a) em Ciência do Solo; Universidade do Estado de Santa Catarina.

**RESUMO:** Na região do Planalto Sul Catarinense, a maioria das florestas de *Pinus* foi implantada sem fertilização do solo na fase de plantio. Atualmente, muitas áreas encontram-se em segunda ou terceira rotação de *Pinus* e sem nenhuma fertilização, o que pode limitar a produtividade pela baixa fertilidade do solo. Uma alternativa para a mitigação desse problema seria a adubação em povoamentos já estabelecidos. Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação com N, P e K sobre alguns atributos químicos do solo em diferentes fases de crescimento de *Pinus taeda*, foram conduzidos experimentos no campo, em plantios de um, cinco e nove anos de idade, todos de segunda rotação, sobre Cambissolos no município de Otacílio Costa, SC. Os tratamentos consistiram de combinações de doses de N (N0 = 0, N1 = 70 e N2 = 140 kg ha<sup>-1</sup> de N), P (P0 = 0, P1 = 75 e P2 = 150 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e K (K0 = 0, K1 = 60 e K2 = 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), além de uma testemunha, nas seguintes combinações: N0P0K0, N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados P, K, Ca e Mg nas camadas de 0-10 e 10-20 cm 4 anos após a aplicação dos tratamentos. É possível observar alterações nos teores de P, K e Ca do solo nas três idades avaliadas. Não houve alterações nos teores de Mg.

**Termos de indexação:** nutrição florestal, adubação, fertilidade do solo.

### INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Pinus* apresentam uma excepcional capacidade de utilização dos recursos nutricionais em solos de baixa fertilidade, com rápido crescimento, sem apresentar sintomas visuais de deficiência, dando a falsa expectativa de que nos plantios não seriam necessários grandes cuidados com a fertilização (Reissmann & Wisniewski, 2005).

Porém, plantas crescidas nessas condições certamente não apresentam desenvolvimento economicamente satisfatório (Reissmann & Wisniewski, 2005; Viera & Schumacher, 2009). Essa

condição, associada ao fato da não fertilização dos plantios, à exportação de nutrientes nos desbastes e na colheita final e às perdas por processos erosivos e de lixiviação, leva a uma aceleração no empobrecimento dos níveis de fertilidade química do solo e nas perdas de produtividades futuras dos plantios.

Segundo Jokela & Long (2000), os requisitos para fertilização de plantios estabelecidos devem ser com base nos mesmos princípios da adubação no plantio. No entanto, as pesquisas são necessárias, pois é mais difícil de prever a necessidade de fertilizantes em plantios mais velhos, porque a penetração das raízes profundas pode permitir absorção de nutrientes dos horizontes do subsolo, além de camadas superficiais de detritos orgânicos, por exemplo, acículas, também servirem como reservatório de nutrientes, liberando nutrientes pela lenta decomposição desse material.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses de N, P e K sobre alguns atributos químicos do solo em plantios de *Pinus taeda*, com um, cinco e nove anos de idade, após 4 anos, no Planalto Sul Catarinense.

### Tratamentos e amostragens

O experimento foi instalado em plantios de *Pinus taeda* L. com adubação NPK realizada em Dezembro de 2010, aos um, cinco e nove anos de idade, ou seja, em plantios implantados em 2009, 2005 e 2001, em 2014 estavam com cinco, nove e treze anos respectivamente, em áreas da empresa Klabin S/A, no município de Otacílio Costa/SC. O plantio de cinco anos encontra-se na Fazenda Bom Retiro, e os de nove e treze anos na Fazenda Cervo, com as respectivas coordenadas geográficas: 58° 68' 05" S e 97° 19' 39" W; 59° 09' 46" S e 96° 26' 45" W; e 58° 95' 54" S e 96° 30' 08" W. O clima da região é mesotérmico úmido com verão ameno, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A altitude é de 884 m e a temperatura média anual é de 15,9 °C e a precipitação média anual entre 1.300 e 1.400 mm, bem distribuída ao longo do ano (Otacílio Costa, 2015).

Foram selecionadas áreas com solo semelhantes, sendo que no plantio de cinco anos o



solo é um Cambissolo Háplico, e nos plantios de nove e treze anos o solo é um Cambissolo Húmico. Para fins de caracterização, o solo foi coletado na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, com trado holandês, em cinco pontos dentro de cada parcela. As amostras, após serem secas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C, por 48 h, foram moídas e submetidas à análise química segundo Tedesco et al. (1995) (**Tabela 1**).

As áreas experimentais encontram-se no segundo ciclo de plantio, cujo ciclo anterior também era de *Pinus taeda* L. Todos os plantios foram efetuados após o preparo do solo com subsolagem, utilizando trator de esteira, a uma profundidade em torno de 45 cm, e em espaçamento de 2,5 m entre plantas e 2,5 m entre linhas.

Os tratamentos consistiram da combinação de doses de nitrogênio: N0=0, N1=70 e N2=140 kg ha<sup>-1</sup> de N; de Fósforo: P0=0, P1=75 e P2=150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; de potássio: K0=0, K1=60 e K2=120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; ficando identificados da seguinte forma: N0P0K0, N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2, N2P2K1. Como fontes dos nutrientes a ureia (45% de N), o superfosfato triplo (SFT) (41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e o cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O).

Em dezembro de 2010 procedeu-se aplicação dos tratamentos, com a adição dos fertilizantes a lanço e em área total.

Em 2014 o solo foi coletado nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, com trado holandês, em dez pontos dentro de cada parcela (5 na linha de plantio e 5 na entrelinha). A metodologia de coleta foi modificada em relação à caracterização, pois em avaliação realizada em 2012 não apresentava diferenças entre tratamentos (Moro, 2013), a camada de 0-20 cm é muito extensa, e como a aplicação foi feita sem incorporação dos adubos, o efeito que deveria ocorrer concentrava-se nas primeiras camadas do solo, não sendo detectado.

As amostras, após serem secas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C, por 48 h, foram moídas e submetidas à análise química segundo Tedesco et al. (1995), onde foram avaliados P, K, Ca e Mg.

### Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, sendo as unidades experimentais constituídas por parcelas contendo 80 plantas (8 linhas x 10 plantas).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Havendo significância, para avaliação de efeitos individuais entre tratamentos, o Teste de Scott-Knott a 5 % de significância, com o programa estatístico ASSISTAT (Silva et al, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de P, K, Ca e Mg para cada idade avaliada e cada tratamento, podem ser visualizados na **Tabela 2**, e serão definidos abaixo, como muito baixo, baixo, médio, alto e muito altos, segundo os limites de interpretação de teores de nutrientes disponíveis no solo estabelecidos pela Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (2004).

Os teores de Mg em todas as idades avaliadas e tratamentos são considerados baixos, e não tiveram diferença significativa entre os tratamentos, em nenhuma das idades e camadas avaliadas.

Para o Ca, em todas as idades avaliadas os maiores teores na camada de 0-10 cm ocorreram nos tratamentos N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1, provavelmente devido ao fato do SFT ter em sua composição 12% de Ca, mas os teores apesar de serem maiores que os iniciais, ainda são considerados baixos. Na camada de 10-20 cm apenas o plantio de treze anos obteve diferença significativa, sendo que os tratamentos N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1 tiveram os maiores teores. Apesar de os tratamentos N0P1K0 e N1P1K1 também terem sido adubados com SFT, a quantidade deste foi metade da aplicada nos tratamentos com Ca superior, ou seja a quantidade de Ca fornecida pelo SFT nos tratamentos N0P1K0 e N1P1K1, não foi suficiente para elevar o teor de Ca no solo.

Oliveira et al. (2014) verificaram o efeito de elevação das concentrações de Ca em um Cambissolo Húmico e um Nitossolo Vermelho em experimento de laboratório conduzido em Lages/SC, aplicando SFT na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

No plantio de cinco anos, o teor de P na camada de 0-10 cm foi maior no tratamento N2P2K1, passando de um teor baixo no início para um teor médio. O maior teor de K tanto na camada de 0-10 quanto de 10-20 cm foi no tratamento N1P2K2, sendo que na camada de 0-10 cm o teor passou de médio para alto. As diferenças encontradas para o K em profundidade indicam possíveis perdas do nutriente por lixiviação.

No plantio de nove anos, o teor de P na camada de 0-10 cm foi maior no tratamento N2P2K1, passando de um teor baixo no início para um teor alto. O maior teor de K tanto na camada de 0-10 quanto de 10-20 cm foi no tratamento N1P2K2, sendo que na camada de 0-10 cm o teor passou de médio para alto.

No plantio de treze anos, os teores de P na camada de 0-10 cm foram maiores nos tratamentos N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1, passando de um teor muito baixo no início para um teor alto. O maior teor de K na camada de 0-10 cm foi no tratamento N1P2K2, sendo que o teor passou de muito baixo



para médio, já na camada de 10-20 cm os maiores teores ocorreram nos tratamentos N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1.

Batista (2011) observou o efeito da fertilização potássica até 20 cm de profundidade em um plantio com cinco anos de idade, em Jaguaíva/PR, aplicando 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em solo cujo material de origem é o Arenito Itararé.

Tendo em vista os resultados observados neste estudo, é razoável assegurar que as alterações ocorridas nos teores de P, K e Ca observadas em profundidade em função dos tratamentos, mesmo na profundidade de 0-10 cm, são muito relevantes, pois, a profundidade de ocupação das raízes mais finas responsáveis pela maior parte da absorção de nutrientes, encontra-se nos primeiros 20 cm do solo, incluindo a serapilheira ou horizonte orgânico (Lopes, 2009). Assim, a aplicação superficial de fertilizantes nos plantios florestais, pode ser uma excelente alternativa à correção dos baixos teores no solo, mesmo nos plantios já estabelecidos.

## CONCLUSÕES

Após quatro anos da aplicação dos tratamentos é possível observar alterações nos teores de P, K e Ca do solo nas três idades avaliadas.

Não houve alterações nos teores de Mg em nenhuma das três idades avaliadas.

## REFERÊNCIAS

BATISTA, A.H. Influência da calagem e adubação na acidez do solo e ciclagem de K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em plantios de *Pinus taeda* L. no pólo florestal de Jaguaíva-PR. Curitiba, Universidade Federal do Estado do Paraná, 2011. 40p. (Dissertação de Mestrado)

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC - CQFSRS/SC. Manual de adubação e de calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS/Núcleo Regional Sul, UFRGS, 2004. 400p.

JOKELA, E.J. & LONG, A.J. Using soils to guide fertilizer recommendations for southern pines. Gainesville, University of Florida/Institute of Food and Agricultural Sciences Cooperative Extension, 2000. 11p. (Circular 1230)

LOPES, V. G. Quantificação das raízes finas em um povoamento de *Pinus taeda* L., na região dos Campos de Cima da Serra, RS. Santa Maria.

Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 71p. (Dissertação de Mestrado)

MORO, L. (2013). Resposta de *Pinus taeda* com um, cinco e nove anos à adubação NPK no Planalto Catarinense. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013. 39 p. (Dissertação de Mestrado)

OLIVEIRA, J.P.M.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L.C. & PEGORARO, A. Alterações químicas e avaliação de P disponível na região adjacente aos grânulos de superfosfato triplo e diamônio fosfato em solos ácidos. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2014, vol.38, n.5, p. 1526-1536.

OTACÍLIO COSTA. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Otac%C3%ADlio\\_Costa](http://pt.wikipedia.org/wiki/Otac%C3%ADlio_Costa)>. Acesso em 04 mai. 2015.

REISSMANN, C.B. & WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V., eds. Nutrição e fertilização florestal. 2. ed. Piracicaba, IPEF, 2005. p.135-166.

SILVA, de A.S. e. & AZEVEDO, C.A.V. de. Principal Component Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In Word Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2009.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

VIERA, M. & SCHUMACHER, M.V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. Ci. Flor.,19:375-382, 2009.



**Tabela 1** - Características do Cambissolo Háplico do plantio de um ano e dos Cambissolos Húmicos dos plantios de cinco e nove anos nas áreas experimentais das floretas de *Pinus taeda*, em Dezembro de 2010, localizadas em Otacílio Costa/SC<sup>1</sup>

Camada cm	pH <sub>água</sub>	Argila %	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC <sub>pH7</sub>	m <sup>2</sup>
				mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%
<b>Pinus de Um Ano</b>											
0 – 20	4,1	17,7	5,8	5,1	72,2	0,2	0,2	10,0	38,4	39,0	94,4
<b>Pinus de Cinco Anos</b>											
0 – 20	4,0	23,2	6,2	5,0	65,1	0,3	0,3	10,9	41,8	42,5	93,4
<b>Pinus de Nove Anos</b>											
0 – 20	4,1	22,3	5,6	4,3	29,6	0,2	0,1	6,9	33,9	34,2	94,9

<sup>1</sup> Análises de solo realizadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). <sup>2</sup> Saturação por alumínio na CTC<sub>efetiva</sub>.

**Tabela 2** - Teores médios de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm, nos solos extraídos por Mehlich-1, em plantios de *Pinus taeda* com cinco, nove e treze anos de idade, adubados com um ano, cinco e nove anos respectivamente, após quatro anos da aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.

Tratamento	<b>Pinus de Cinco Anos (Um Ano)</b>							
	P		K		Ca		Mg	
	mg dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
N0P0K0	6,7 c <sup>1</sup>	4,1 a	79,3 c	58,0 b	0,3 b	0,2 a	0,4 a	0,2 a
N0P1K0	5,9 c	5,5 a	80,5 c	59,0 b	0,2 b	0,2 a	0,4 a	0,3 a
N1P1K1	14,9 b	6,9 a	93,7 c	64,5 b	0,3 b	0,2 a	0,4 a	0,3 a
N1P2K1	14,1 b	5,0 a	90,0 c	58,7 b	0,6 a	0,2 a	0,3 a	0,3 a
N1P2K2	12,2 b	4,6 a	136,0 a	75,0 a	0,6 a	0,2 a	0,3 a	0,2 a
N2P2K1	20,8 a	5,7 a	110,5 b	66,3 b	0,7 a	0,1 a	0,4 a	0,2 a
CV (%)	20,9	27,6	13,8	7,9	21,9	21,8	28,2	44,6

Tratamento	<b>Pinus de Nove Anos (Cinco Anos)</b>							
	P		K		Ca		Mg	
	mg dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
N0P0K0	11,1 c	7,8 a	133,5 b	83,3 c	0,6 b	0,3 a	0,5 a	0,4 a
N0P1K0	14,2 b	8,4 a	145,0 b	94,0 c	0,5 b	0,4 a	0,5 a	0,4 a
N1P1K1	14,3 b	7,8 a	154,0 b	105,0 b	0,5 b	0,2 a	0,4 a	0,3 a
N1P2K1	15,6 b	10,8 a	147,3 b	105,0 b	0,9 a	0,3 a	0,4 a	0,3 a
N1P2K2	14,3 b	8,8 a	177,0 a	120,5 a	1,1 a	0,2 a	0,4 a	0,3 a
N2P2K1	17,4 a	7,3 a	145,0 b	113,0 a	0,8 a	0,3 a	0,4 a	0,3 a
CV (%)	8,1	18,8	10,7	6,14	21,4	23,9	11,7	18,6

Tratamento	<b>Pinus de Treze Anos (Nove Anos)</b>							
	P		K		Ca		Mg	
	mg dm <sup>-3</sup>		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
N0P0K0	6,5 b	4,9 a	61,5 d	41,7 b	0,1 b	0,0 b	0,2 a	0,2 a
N0P1K0	8,3 b	6,5 a	62,7 d	45,7 b	0,1 b	0,0 b	0,3 a	0,2 a
N1P1K1	7,6 b	4,4 a	66,8 c	49,7 a	0,1 b	0,0 b	0,2 a	0,1 a
N1P2K1	14,6 a	4,4 a	66,8 c	52,7 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a	0,2 a
N1P2K2	14,5 a	3,3 a	78,5 a	54,3 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a	0,1 a
N2P2K1	14,2 a	4,9 a	72,5 b	53,7 a	0,1 a	0,1 a	0,2 a	0,2 a
CV (%)	27,6	22,5	3,8	8,1	6,4	15,0	24,8	32,0

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.