

**Resultados de pesquisa com lodo
gerado no tratamento de efluentes
da reciclagem de aparas de papel
como insumo para plantio de
*Pinus taeda***

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 251

Resultados de pesquisa com lodo gerado no tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel como insumo para plantio de *Pinus taeda*

Shizuo Maeda
Helton Damin da Silva
Renato Antonio Dedecek
Epitágoras Rodson de Oliveira Costa

Embrapa Florestas
Colombo, PR
2013

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411-000, Colombo, PR - Brasil

Caixa Postal: 319

Fone/Fax: (41) 3675-5600

www.cnpf.embrapa.br

cnpf.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos

Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida

Membros: Alvaro Figueredo dos Santos, Claudia Maria Branco de Freitas Maia, Elenice Fritsons, Guilherme Schnell e Schuhli, Jorge Ribaski, Luis Claudio Maranhão Froufe, Maria Izabel Radomski, Susete do Rocio Chiarello Penteado

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos

Revisão de texto: Patrícia Póvoa de Mattos

Normalização bibliográfica: Francisca Rasche

Editoração eletrônica: Rafeale Crisostomo Pereira

1ª edição

Versão digital (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Florestas

Resultados de pesquisa com lodo gerado no tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel como insumo para plantio de *Pinus taeda* [recurso eletrônico] / Shizuo Maeda... [et al.]. Dados eletrônicos - Colombo : Embrapa Florestas, 2013. (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958 ; 251)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>>

Título da página da web (acesso em 20 jan. 2014).

1. Lodo residual. 2. Fertilidade do solo. 3. *Eucalyptus dunnii*. 4. *Pinus taeda*. I. Maeda, Shizuo. II. Silva, Helton Damin da. III. Dedecek, Renato Antonio. IV. Costa, Epitágoras Rodson de Oliveira. V. Série.

CDD 631.42 (21. ed.)

Autores

Shizuo Maeda

Engenheiro-agronômo, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
shizuo.maeda@embrapa.br

Helton Damin da Silva

Engenheiro florestal, Doutor
Pesquisador da Embrapa Florestas
helton.damin@embrapa.br

Renato Antonio Dedecek

Engenheiro-agronômo, Doutor
Consultor do Projeto Biomas

Epitágoras Rodson de Oliveira Costa

Engenheiro-agronômo, Administrador
Doutorando na Universidade Federal do
Paraná
Diretor e Consultor Florestal da Cedrela
Consultoria - Rio Negrinho, SC

Apresentação

O descarte de resíduos industriais é um tema relevante do momento pelas preocupações decorrentes da disposição inadequada dos mesmos, com conseqüente contaminação ambiental. O aproveitamento desses resíduos como insumo agroflorestal têm demandado a ação das instituições de pesquisa no sentido de viabilizar o seu aproveitamento, solucionando o problema de descarte e dando um destino adequado para os mesmos.

Desde 1995, a Embrapa Florestas em parceria com as empresas do setor de papel e celulose vem estudando o uso de resíduos gerados pelo setor como insumo para aplicação em plantios florestais. Essa forma de disposição resolve o problema ambiental de descarte ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da capacidade produtiva da terra pela reposição dos nutrientes exportados pela colheita florestal.

Relatam-se nessa publicação os resultados de pesquisas sobre o tema realizadas em parceria com a Companhia Volta Grande de Papel, instalada em Rio Negrinho, SC.

Sergio Gaiad
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Florestas

Sumário

Introdução	9
Atividades executadas	10
Caracterização química do resíduo celulósico gerado na estação de tratamento de efluentes - ETE	10
Efeito do lodo da reciclagem de papel no desenvolvimento do <i>Pinus taeda</i> L. em vaso e na lixiviação de nutrientes e outros elementos químicos.....	12
Conclusões	15
Avaliação do efeito do lodo celulósico oriundo de reciclagem de papel em plantas de <i>Pinus taeda</i> L. e em características química do solo, em condições de campo.....	15
Resultados	18
Fertilidade do solo	18
Metais pesados e outros elementos potencialmente prejudiciais	37
Aspectos nutricionais	42
Características físicas do solo.....	48
Características biométricas das árvores de <i>Pinus taeda</i>	54
Efeito do lodo celulósico gerado em ETE oriundo de reciclagem de papel combinado com aplicação de calcário no crescimento de plantas de <i>Eucalyptus dunnii</i> e em características químicas do solo	62
Resultados.....	62
Considerações finais	65
Referências	66

Resultados de pesquisa com lodo gerado no tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel como insumo para plantio de *Pinus taeda*

Shizuo Maeda

Helton Damin da Silva

Renato Antonio Dedecek

Epitágoras Rodson de Oliveira Costa

Introdução

A destinação final dos resíduos de tratamento de efluentes das indústrias de celulose e papel, de forma ambientalmente adequada e financeiramente viável, tem sido um dos grandes desafios desse setor. A alternativa de disposição em aterros industriais é onerosa e gera responsabilidade com custo e prazo indefinidos.

A aplicação em áreas de plantios florestais é uma alternativa para descarte desses resíduos, solucionando um problema ambiental de disposição, ao mesmo tempo em que contribui para a reposição de nutrientes exportados com a colheita da biomassa florestal. Além dos nutrientes remanescentes na biomassa vegetal processada para a obtenção da celulose, parte de componentes utilizados na digestão da celulose e no tratamento dos efluentes permanecem no lodo celulósico gerado. No caso da reciclagem de aparas de papel, pela natureza da matéria prima processada, os lodos resultantes do tratamento de efluentes apresentam natureza e composição química distintas das

apresentadas pelos lodos da extração de celulose, necessitando estudos para sua avaliação.

Os resíduos podem ter potencial de utilização comercial como insumo florestal. Porém, é necessário o pleno conhecimento de suas características e, principalmente, de seus efeitos ao ambiente.

Relata-se nesse documento, os resultados de trabalhos planejados com o objetivo de avaliar o efeito do resíduo celulósico resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel, gerado na estação de tratamento de efluentes da Companhia Volta Grande de Papel – CVG, em algumas características químicas e físicas do solo e no desenvolvimento de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*.

Atividades executadas

Caracterização química do resíduo celulósico gerado na estação de tratamento de efluentes - ETE

Para a caracterização química do resíduo celulósico, amostra do lodo foi coletada na estação de tratamento, após a prensagem do lodo. As análises foram realizadas conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004a; 2004b; 2004c) e os resultados encontram-se na Tabela 1. Além da caracterização química da amostra bruta, são apresentados dados da caracterização química do lixiviado e do solubilizado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b; 2004c), sendo os resultados analíticos dos dois últimos testes utilizados para a classificação do lodo celulósico. Este foi classificado como resíduo “Classe II A não inerte”. Esse enquadramento foi devido às concentrações de fenóis totais, alumínio, bário, ferro e manganês serem superiores aos limites definidos pelo anexo G da norma NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a).

Tabela 1. Resultados analíticos da caracterização química realizada na amostra do lodo celulósico.

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Caracterização química da amostra bruta			
pH em água	8,60	Ca - g kg ⁻¹	150,04
Umidade a 65 °C - %	0,90	Pb - mg kg ⁻¹	10,99
Umidade a 105 °C - %	1,55	Co - mg kg ⁻¹	<9,99
Cinzas - %	55,54	Cu - mg kg ⁻¹	49,14
Matéria Orgânica - %	42,92	Cr total - mg kg ⁻¹	7,09
C total - %	23,84	Fe - g kg ⁻¹	2,48
N total - %	0,03	Mg - g kg ⁻¹	1,76
S total - %	0,04	Mn - mg kg ⁻¹	44,35
P total - %	0,23	Hg - mg kg ⁻¹	0,18
Fenóis totais - mg kg ⁻¹	5,35	Mo - mg kg ⁻¹	<9,99
Al - g kg ⁻¹	13,30	Ni - mg kg ⁻¹	<9,99
As - mg kg ⁻¹	<49,94	K - mg kg ⁻¹	136,79
Ba - mg kg ⁻¹	94,76	Ag - mg kg ⁻¹	<4,99
Be - mg kg ⁻¹	<1,00	Se - mg kg ⁻¹	<49,94
B - mg kg ⁻¹	<499,45	Na - mg kg ⁻¹	171,54
Cd - mg kg ⁻¹	<9,99	Zn - mg kg ⁻¹	265,22
Caracterização química do lixiviado			
As - mg L ⁻¹	<0,0025	Cr total - mg L ⁻¹	0,05
Ba - mg L ⁻¹	2,13	Hg - mg L ⁻¹	<0,001
Cd - mg L ⁻¹	<0,10	Ag - mg L ⁻¹	<0,05
Pb - mg L ⁻¹	<0,05	Se - mg L ⁻¹	<0,005
Caracterização química do solubilizado			
Cloretos - mg L ⁻¹	123,76	Cu - mg L ⁻¹	<0,10
Fenóis totais - mg L ⁻¹	0,11 *	Cr total - mg L ⁻¹	<0,05
Detergente - mg L ⁻¹	0,49	Fe - mg L ⁻¹	12,93*
Nitrato - mg L ⁻¹	1,50	Mn - mg L ⁻¹	0,26*
Sulfato - mg L ⁻¹	<0,10	Hg - mg L ⁻¹	<0,001
Al - mg L ⁻¹	7,74*	Ag - mg L ⁻¹	<0,05
As - mg L ⁻¹	<0,0025	Se - mg L ⁻¹	<0,005
Ba - mg L ⁻¹	0,89*	Na - mg L ⁻¹	12,95
Cd - mg L ⁻¹	<0,0005	Zn - mg L ⁻¹	<0,10
Pb - mg L ⁻¹	<0,005	-	-

Análises realizadas no Laboratório de Análises Ambientais do Centro de Tecnologia em Saneamento e Meio Ambiente - SENAI - CIC, Curitiba, PR. * Valores superiores aos limites da NBR 10.004/04.

Efeito do lodo da reciclagem de papel no desenvolvimento do *Pinus taeda* L. em vaso e na lixiviação de nutrientes e outros elementos químicos

Essa atividade foi desenvolvida com o objetivo de avaliar os efeitos do lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de papel no desenvolvimento de mudas de *P. taeda*, e na lixiviação de nutrientes e metais pesados em condições de vaso. Doses do lodo (equivalentes a 0; 10; 20; 40 e 80 Mg ha⁻¹), foram aplicadas superficialmente em vasos preenchidos com amostras de um Neossolo Regolítico Distrófico húmico e um Cambissolo Húmico Distrófico típico, nos quais foram plantadas mudas de *Pinus taeda*. Cento e quarenta dias após a aplicação dos tratamentos amostras de água percoladas no solo dos vasos de cada tratamento foram coletadas e analisadas quimicamente. Os detalhes metodológicos e resultados encontram-se relatados em Costa (2007).

A análise da água de percolação nos dois solos estudados no trabalho mencionado, observando-se os parâmetros para águas destinadas ao consumo humano (Tabela 1, Classe II) (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2005), permitiram as seguintes conclusões:

a) no tratamento sem aplicação de doses do resíduo os teores de Al foram superiores aos valores máximos permitidos nos dois solos estudados, sendo os altos teores atribuídos à forma de condução do experimento, pois a irrigação foi feita de forma a evitar deficiência de água às plantas. Em condições naturais, o aumento dos teores de Al são atribuídos à ocorrência de chuvas (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 1999);

b) no caso do Mn, apenas na maior dose o teor do elemento na água superou o teor limite para a classe I no Cambissolo. No caso do Neossolo, apesar de se observar aumento do teor do Mn, esse efeito não foi significativo;

c) os teores de Fe foram superiores aos valores máximos permitidos nas doses 20 Mg ha⁻¹ no Neossolo e 40 Mg ha⁻¹ no Neossolo;

d) os teores de fenóis, embora superiores aos limites da legislação, não foram influenciados pelas doses do lodo aplicado. A possível origem dos fenóis é natural, podendo ser atribuído aos processos de mineralização da matéria orgânica do solo (KIEHL, 1985; YABE et al., 2000);

e) os teores de surfactantes não foram influenciados pelos tratamentos e os teores na água de percolação não excederam os limites da legislação pertinente. Os surfactantes podem aparecer pelo uso de produtos de limpeza na indústria (SISINNO, 2003);

f) os teores de Ba e Pb não foram influenciados pela aplicação de doses do resíduo e não excederam os limites da legislação pertinente;

g) os teores de N amoniacal aumentaram com aumentos das doses aplicadas com maiores teores observados no Cambissolo; os teores de nitritos diminuíram no Cambissolo e aumentaram no Neossolo; quanto aos nitratos, ortofosfatos, surfactantes e sódio não houve efeito dos tratamentos. Todos os compostos apresentaram teores inferiores aos valores de referência;

h) não houve aumentos nos teores de Cr e os seus teores não excederam o limite da legislação de referência;

A aplicação de doses do resíduo alterou algumas propriedades químicas dos solos estudados:

a) houve aumento de pH do solo, com maior incremento na camada superficial;

- b) os teores de Al diminuíram nas três camadas;
- c) os teores de Ca aumentaram em ambos os solos, com maiores aumentos nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm;
- d) ocorreu aumento nos teores de Mg nos solos, com maior teor sendo observado na camada 20-30 cm do Neossolo e nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm do Cambissolo;
- e) houve aumento na saturação em bases (V%) nas três camadas de solo avaliadas;
- f) houve pequeno acréscimo dos teores de K nas camadas inferiores, até a dose de 40 Mg ha⁻¹;
- g) houve aumento dos teores de P na camada superficial de ambos os solos estudados;

Os efeitos da aplicação de doses do lodo relatados anteriormente são devidos ao caráter alcalino do resíduo com a presença de cálcio, magnésio, potássio e fósforo em sua composição. No caso do potássio, os maiores teores nas camadas mais profundas ocorreu pela lixiviação do elemento, em função da preferência pelo cálcio e magnésio nos pontos de troca (RAIJ, 1983).

h) os teores de matéria orgânica diminuíram com a aplicação das doses do resíduo, com maior impacto nas doses de 40 Mg ha⁻¹ e 80 Mg ha⁻¹; Diversos autores relatam a complexa relação entre a matéria orgânica e o uso de resíduos, sem as modificações esperadas de aumento nos teores ao longo do perfil. A maioria não apresenta conclusão clara sobre o assunto, atribuindo-se, em alguns casos, ao aumento da atividade microbiana e à baixa relação C/N dos resíduos, que, em combinação com a disponibilidade de nutrientes, causou intensificação da atividade microbiana nesse resíduo e no solo, acelerando a taxa de decomposição da matéria orgânica, mecanismo conhecido

como “efeito *priming*” (GUEDES et al., 2006). Também ocorrem dificuldades de reação dos solos tropicais em promover aumentos significativos nos teores de matéria orgânica em curto espaço de tempo. Tauk (1990) sugere mais estudos sobre biodegradação, em que normalmente a complexidade física e química dos resíduos orgânicos desfavorece a ocorrência de um processo de degradação biologicamente simples, que ocorre no solo;

i) não houve aumento dos teores de Na no solo em função da aplicação de resíduos.

Conclusões

A aplicação de doses do lodo promoveram melhorias na fertilidade do solo caracterizado pelo aumento do pH, redução do teor de Al e aumentos nos teores, principalmente de Ca. A análise da água percolada não indicou problemas de contaminação com fenóis totais, Cd, Pb, Cr, surfactantes, ortofosfatos e sódio. Os teores de Al, Fe e Mn na água de percolação foram superiores ao permitido pela legislação em todos os tratamentos, sendo que nos casos do Fe e Mn as restrições são mais de caráter estético e pelo sabor ruim que conferem à água. Não há indicações de que o alumínio apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2006).

Avaliação do efeito do lodo celulósico oriundo de reciclagem de papel em plantas de *Pinus taeda* L. e em características química do solo, em condições de campo

Foram conduzidos ensaios com aplicação de doses de lodo celulósico gerado em estação de tratamento de efluentes da unidade industrial da Companhia Volta Grande de Papel SA – CVG, instalada no distrito de Volta Grande, Município de Rio

Negrinho, SC, em áreas com plantios comerciais de *P. taeda*, localizadas no mesmo município e pertencentes à mesma empresa. Doses do resíduo foram aplicadas em áreas com mudas recém-plantadas (PLO) e com árvores com um (PL1) e três anos (PL3), sob Cambissolo Húmico. Nos casos da aplicação dos tratamentos do ensaio PLO e PL1, os ensaios foram instalados no imóvel denominado Butiá do Rio Preto. O ensaio PL3 foi instalado no imóvel denominado São Judas. A aplicação do lodo no PLO foi realizada em agosto de 2006, no PL1, em outubro de 2006 e a aplicação no PL3 foi realizada em outubro de 2007.

As doses de lodo celulósico, foram equivalentes a 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ (base seca), aplicadas superficialmente em parcelas compostas de cinco linhas com cinco árvores, espaçadas 2,5 m x 2,5 m. O tratamentos foram avaliados em delineamento estatístico em blocos ao acaso com quatro repetições.

Na Tabela 2 são apresentadas as quantidades estimadas de elementos químicos adicionados ao solo considerando as doses de lodo aplicadas. Destaca-se o potencial de incorporação de P, Ca, Fe e Zn.

Foram realizadas avaliações biométricas, químicas e físicas do solo e nutricionais pela análise foliar. Foram realizadas avaliações biométricas no período de 2007 a 2012 nos três ensaios. As avaliações químicas e físicas do solo foram feitas em amostras coletadas nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. Avaliações de variáveis físicas foram feitas em 2007 nos três ensaios. Variáveis químicas foram analisadas em 2007 e 2008 nos ensaios PLO e PL1 e em 2008 no ensaio PL3.

Para avaliação do estado nutricional, amostras de acúculas (folhas recém-maduras de ramos do verticilo inferior do terço superior da copa das árvores) foram coletadas em 2007 e 2008 no ensaio PLO e em 2008 no PL1 e PL3.

Para avaliar a eventual contaminação por elementos químicos potencialmente perigosos, amostras das camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm dos tratamentos controle sem aplicação do resíduo e do tratamento com a maior dose foram analisadas nos ensaios PL0 e PL3. Por sua vez, no PL1 foram analisadas amostras da camada 0 a 20 cm em todos os tratamentos.

Tabela 2. Quantidades dos elementos químicos adicionados ao solo com a aplicação de doses de lodo ETE da CVG em ensaios conduzidos em áreas pertencentes à mesma empresa, em Rio Negrinho, SC.

Elemento químico	Doses do lodo – Mg ha ⁻¹			
	10	20	30	40
Quantidade aplicada				
----- kg ha ⁻¹ -----				
Matéria orgânica	4.300	8.600	12.900	17.200
C total	2.400	4.800	7.200	9.600
N total	3,0	6,0	9,0	12,0
S total	4,0	8,0	12,0	16,0
P ₂ O ₅ total	53,0	105,0	158,0	211,0
K ₂ O	1,65	3,30	4,95	6,60
Ca	1 500,4	3 000,8	4.501,2	6.001,6
Mg	17,6	35,2	52,8	70,4
Cu	0,49	0,98	1,47	1,96
Mn	0,44	0,88	1,32	1,76
Fe	24,8	49,6	74,4	99,2
Zn	2,65	5,3	7,95	10,6
Al	133,0	266,0	399,0	532,0
Pb	0,11	0,22	0,33	0,44
Ba	0,95	1,90	2,85	3,80
Hg	0,002	0,004	0,006	0,008
Cr total	0,07	0,14	0,21	0,28
Na	1,71	3,42	5,13	6,84

Resultados

Fertilidade do solo

De modo geral, os efeitos dos tratamentos ficaram restritos à camada superficial (Tabelas 3 a 7 e Figuras 1 a 13). O efeito mais expressivo foi observado nos teores de cálcio, indicando que o resíduo se constitui em fonte alternativa para fornecimento do nutriente e como corretivo da acidez do solo (PRNT 50%). Como resultado do aumento no teor de cálcio, a saturação por bases foi aumentada, principalmente no segundo ano de avaliação, no caso do ensaio PLO. Em trabalho com resíduo de mesma natureza Balbinot Junior et al. (2006), também observou aumentos no teor de cálcio.

Devido ao poder neutralizante da acidez apresentado pelo lodo utilizado, o pH foi alterado, com efeitos variados entre anos e camadas avaliadas. A amplitude do efeito no pH entre a menor e a maior dose foi reduzida, podendo ser atribuído, entre outras razões, pela não incorporação do resíduo ao solo e ao tamponamento do solo. O efeito sobre o pH nas camadas mais profundas indica a lixiviação de componentes alcalinos solúveis presentes no resíduo.

Como resultado do baixo teor apresentado pelo resíduo, não houve efeito dos tratamentos nos teores de potássio no solo nos estudos realizados, o que pode ser atribuído ao baixo teor presente no resíduo estudado, resultando em aplicações de quantidades reduzidas do elemento (Tabelas 1 e 2).

Devido ao baixo teor de magnésio presente no resíduo, efeitos significativos foram observados, apenas nas camadas superficiais no segundo ano de avaliação, no ensaio PL1 (Figura 3).

Ainda como efeito da alcalinidade do resíduo, o teor de Al trocável foi reduzido no segundo ano de avaliação no ensaio PLO. Materiais alcalinos neutralizam o Al trocável no solo pela ação

das hidroxilas geradas na hidrólise dos mesmos na solução do solo (CAIRES, 2010).

Os teores de carbono orgânico foram influenciados no ensaio PL1, o que pode ser prejudicial ao próprio solo e ao meio ambiente em geral pela liberação de carbono retido na matéria orgânica. Esse efeito foi observado apenas no primeiro ano de avaliação. No segundo ano, observou-se um aumento geral no teor de carbono orgânico, sem, no entanto, efeito das doses estudadas. No ensaio PL3 foi observado aumento dos teores de carbono orgânico como resultado da aplicação das doses do resíduo nas três camadas mais profundas, o que contraria o observado por Costa (2007).

O efeito da aplicação das doses do resíduo foi significativo no teor de fósforo na camada 20 a 30 cm, na avaliação realizada um ano após a aplicação dos tratamentos, no ensaio PL1 e nas camadas 5 a 10 e 20 a 30 cm, no ensaio PL3. As amplitudes dos efeitos foram reduzidas, o que é surpreendente tendo em vista o conteúdo de P presente no lodo (Tabela 2). No trabalho mencionado na atividade 1.2 foram observados aumentos nos teores de fósforo. Quando se realizou a avaliação dos teores de fósforo total, orgânico e inorgânico constatou-se aumentos nos teores de fósforo total e orgânico e no teor da forma de fósforo inorgânica não se constatou alterações no seu teor indicando que o fósforo presente no resíduo encontra-se na forma orgânica ou que após sua liberação o mesmo pode ter sido incorporado por organismos do solo (Figura 5).

Tabela 3. Resultados de características químicas analisadas em amostras coletadas em quatro profundidades em ensaio de aplicação de lodo de ETE no plantio, em condução no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em agosto de 2007.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada cm	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H+Al	C.O	P	V
0	0-5	3,74	0,19	0,23	0,31	5,53	18,60	38,18	2,17	3,79	
10	0-5	3,72	0,13	0,50	0,31	5,13	17,92	30,86	1,96	5,08	
20	0-5	4,13	0,14	1,73	0,50	2,97	12,40	27,68	1,81	16,46	
30	0-5	3,95	0,18	1,06	0,47	4,03	13,13	25,21	1,91	11,73	
40	0-5	3,96	0,15	1,50	0,45	4,03	13,81	29,22	2,35	12,47	
P	-	0,00	ns	ns	ns	0,03	0,00	ns	ns	ns	0,00
CV	%	2,70	39,34	66,40	22,14	19,00	10,80	15,90	32,30	44,30	
0	5-10	3,9	0,13	0,24	0,26	5,23	16,27	29,49	1,39	3,78	
10	5-10	3,8	0,08	0,28	0,31	5,10	15,74	30,14	1,24	4,05	
20	5-10	4,0	0,06	0,29	0,41	3,73	12,13	25,53	1,43	5,92	
30	5-10	4,0	0,10	0,25	0,28	3,97	13,66	25,81	1,73	4,48	
40	5-10	3,9	0,09	0,37	0,39	4,60	13,24	25,51	1,42	6,05	
P	-	0,02	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,00
CV	%	1,40	36,10	22,70	34,73	15,70	11,58	13,90	25,57	16,70	
0	10-20	3,92	0,09	0,22	0,22	5,30	15,47	27,22	0,85	3,36	
10	10-20	3,89	0,05	0,23	0,27	6,07	16,52	27,45	1,00	3,20	
20	10-20	4,04	0,04	0,23	0,29	3,43	11,84	18,88	1,05	4,45	
30	10-20	4,03	0,07	0,23	0,22	3,77	10,51	25,23	0,94	5,38	
40	10-20	4,00	0,05	0,22	0,34	4,37	12,92	22,67	1,29	4,62	

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 4. Características químicas analisadas em amostras coletadas em camadas em ensaio de aplicação de lodo de ETE no plantio, em condução no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em agosto de 2008.

Dose	Camada	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al	C.O	P	V
Mg ha ⁻¹	cm					cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	mg g ⁻¹	%
0	0-5	3,70	0,27	0,20	0,04	3,29	15,70	29,71	2,30	3,13	
10	0-5	3,86	1,01	0,18	0,06	2,69	14,03	32,39	2,29	7,49	
20	0-5	4,11	3,44	0,16	0,08	1,94	9,99	29,67	2,38	25,60	
30	0-5	4,42	5,91	0,17	0,03	1,32	8,08	32,22	2,35	41,82	
40	0-5	4,52	6,31	0,16	0,49	1,31	7,99	33,26	2,04	44,87	
P	-	0,00	0,01	ns	0,00	0,00	0,00	ns	ns	0,00	
CV	%	5,74	67,16	25,40	253,9	29,86	16,36	14,11	21,54	174,30	
0	5-10	3,8	0,15	0,14	0,11	3,32	14,14	26,60	1,92	2,8	
10	5-10	3,9	0,81	0,14	0,14	2,70	12,55	29,82	1,90	7,5	
20	5-10	4,0	1,85	0,12	0,31	2,13	9,62	28,86	1,79	17,9	
30	5-10	4,4	2,94	0,13	1,01	1,47	7,69	31,24	1,99	33,6	
40	5-10	4,3	2,85	0,11	0,39	1,71	9,92	33,89	1,93	24,8	
P	-	0,05	0,04	ns	ns	0,01	0,00	ns	ns	0,03	
CV	%	7,06	76,61	22,56	132,1	27,50	17,26	17,20	20,88	161,75	
0	10-20	3,85	0,11	0,12	0,12	3,24	12,98	24,46	1,25	1,9	
10	10-20	3,95	0,11	0,08	0,08	2,85	11,13	28,47	1,47	6,3	
20	10-20	4,09	0,10	0,42	0,32	2,14	8,64	23,95	1,39	8,8	
30	10-20	4,48	0,11	1,00	0,56	1,49	7,52	28,79	1,47	18,4	
40	10-20	4,25	0,09	1,00	0,24	2,13	9,28	28,80	1,44	13,8	

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 4. Continuação.

Dose	Camada	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al	C.O	P	V
Mg ha ⁻¹	cm					cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	mg g ⁻¹	% ---
P	-	0,04		ns	ns	ns	0,05	0,01	ns	ns	0,03
CV	%	6,63	32,70	84,05	95,55	31,58	17,07	17,07	22,16	43,04	44,87
0	20-30	3,84	0,06	0,02	0,10	3,14	11,96	11,96	23,43	0,72	1,5
10	20-30	4,14	0,07	0,18	0,04	2,86	15,35	15,35	27,49	0,86	2,3
20	20-30	4,13	0,07	0,21	0,19	2,16	8,32	8,32	24,48	1,00	5,5
30	20-30	4,72	0,07	0,43	0,42	1,69	7,42	7,42	26,19	1,28	10,6
40	20-30	4,21	0,07	0,15	0,14	2,19	8,54	8,54	25,80	0,92	4,2
P	-	0,01		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,02
CV	%	6,82	34,2	161,2	86,89	35,1	37,62	37,62	20,36	41,45	10,98

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

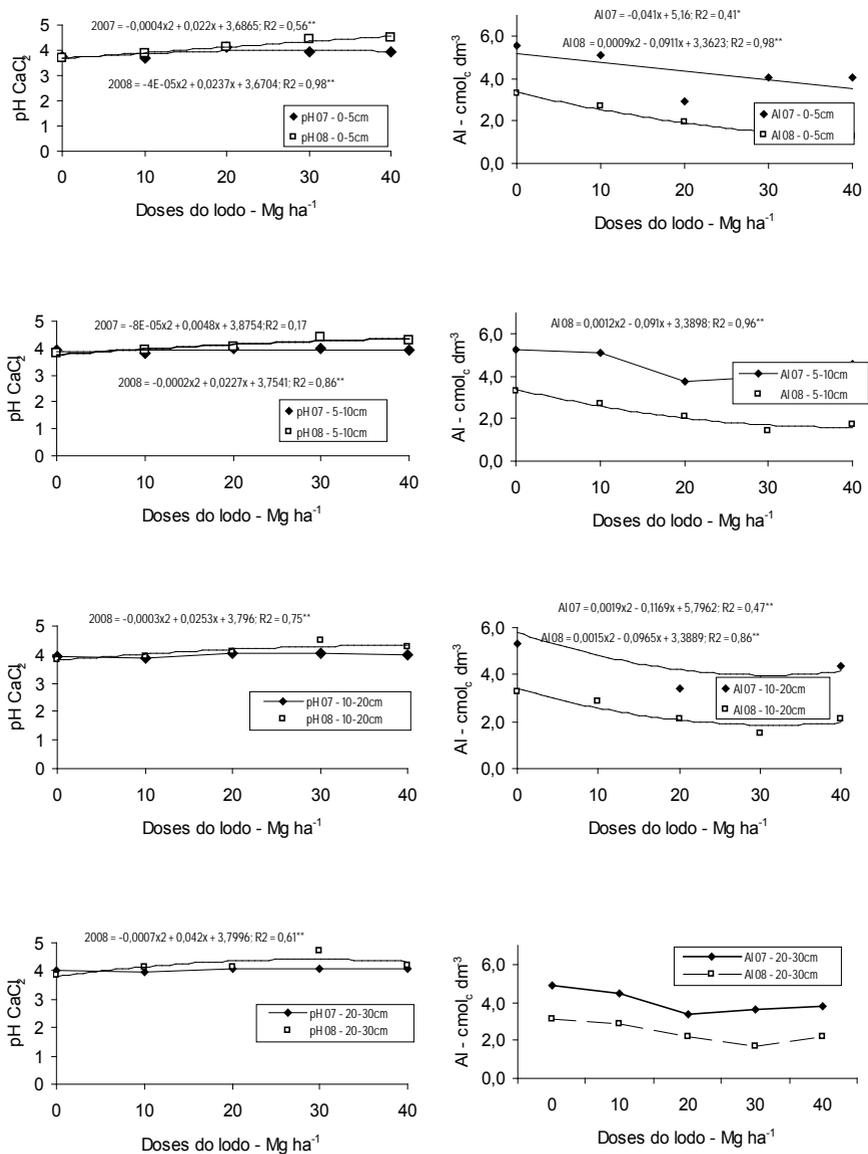


Figura 1. Relações entre doses do lodo e pH CaCl₂ e teores de Al em camadas do solo nos anos 2007 e 2008 em plantio de *Pinus taeda* com aplicação do lodo no plantio.

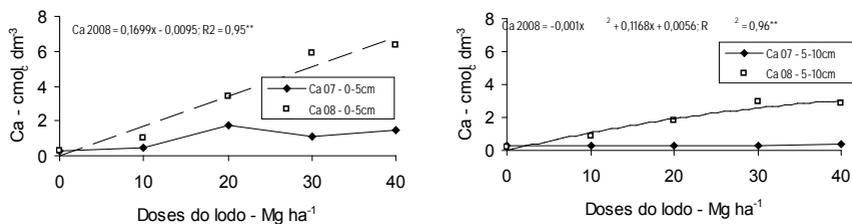


Figura 2. Relações entre doses do lodo e teores de cálcio em amostras de solo coletadas nas camadas 0 a 5 e 5 a 10 cm, nos anos 2007 e 2008 em área de *P. taeda* com doses do lodo aplicado no plantio.

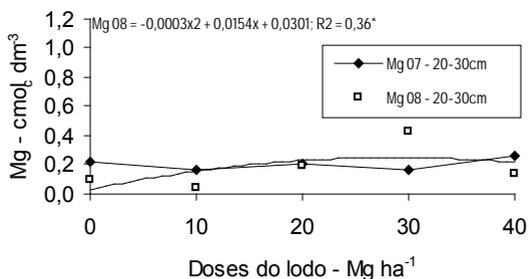


Figura 3. Relações entre doses do lodo e teores de magnésio em amostras de solo coletadas na camada 20 a 30 cm nos anos 2007 e 2008 em área de *P. taeda* com doses do lodo aplicadas no plantio.

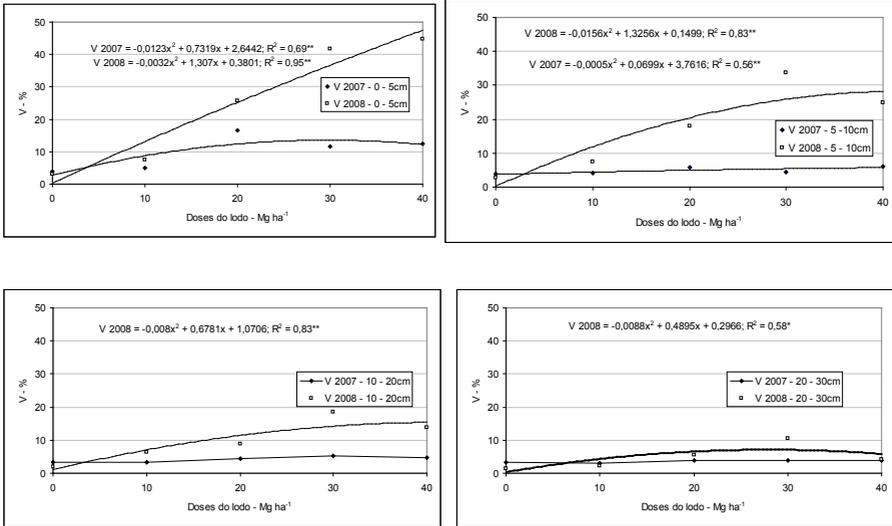


Figura 4. Relações entre doses do lodo e saturação por bases (V%) em amostras de solo coletadas em camadas nos anos 2007 e 2008 em área de *P. taeda* com doses do lodo aplicadas no plantio.

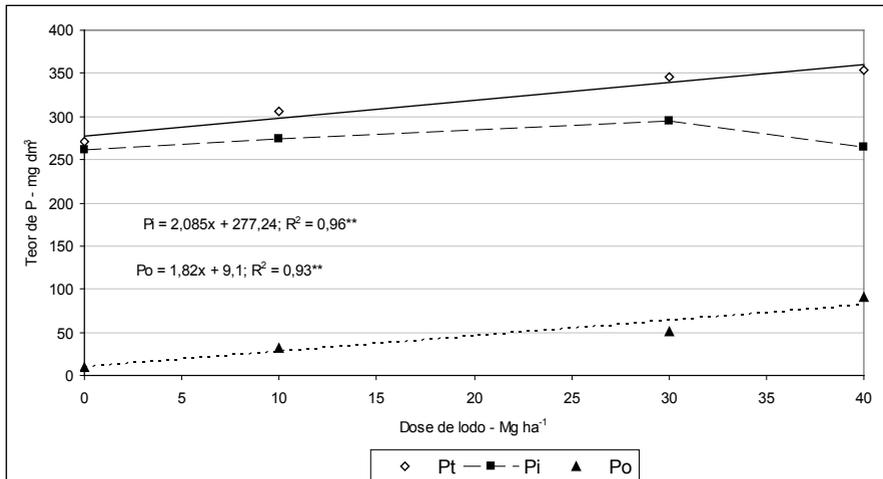


Figura 5. Teores de fósforo total (Pt), inorgânico (Pi) e orgânico (Po) em amostras da camada 0 a 5 cm de solo submetido a doses de lodo celulósico aplicadas no plantio. Amostras coletadas dois anos após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 5. Resultados analíticos de amostras de solo coletadas em diferentes camadas e submetidas a doses de lodo de ETE aplicadas 1 ano após o plantio de *Pinus taeda*. Avaliação realizada em 2007 (1 ano após a aplicação dos tratamentos).

Dose	Camada	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CO	P	V
Mg ha ⁻¹	cm					cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	% ---
0	0 - 5	3,8	0,22	0,51	0,05	6,79	14,22	15,0	3,36	5,5	
10	0 - 5	3,9	0,13	1,05	0,14	5,79	13,87	14,1	3,22	9,3	
20	0 - 5	4,1	0,16	4,45	0,29	3,81	12,58	15,4	3,27	27,0	
30	0 - 5	4,3	0,13	4,39	0,78	3,30	11,47	17,6	3,58	32,3	
40	0 - 5	4,2	0,15	2,10	0,24	4,07	13,57	14,5	2,82	15,6	
P		0,03	ns	0,06	0,02	ns	0,02	0,05	ns	0,06	
CV - %		5,5	37,3	83,9	92,1	38,7	16,8	9,4	26,5	72,1	
0	5 - 10	3,9	0,15	0,27	0,13	6,88	14,22	13,3	2,37	4,1	
10	5 - 10	3,9	0,09	0,41	0,04	6,03	13,98	11,4	2,09	4,0	
20	5 - 10	4,0	0,12	1,24	0,09	5,64	14,25	14,4	1,82	8,9	
30	5 - 10	4,1	0,12	1,15	0,70	5,82	14,67	15,9	1,97	11,7	
40	5 - 10	4,3	0,12	1,32	0,32	5,06	14,15	13,0	1,97	11,1	
P		0,00	ns	ns	0,00	Ns	ns	0,05	ns	ns	
CV - %		2,5	29,2	93,0	82,1	22,7	9,9	13,5	22,1	7,3	
0	10 - 20	3,9	0,13	0,21	0,05	6,46	14,09	12,2	1,31	3,7	
10	10 - 20	4,0	0,08	0,23	0,00	5,77	13,86	10,2	1,27	2,4	
20	10 - 20	4,0	0,10	0,51	0,08	6,02	14,93	13,7	1,40	4,5	
30	10 - 20	4,1	0,10	0,21	0,20	5,73	14,94	13,1	1,44	3,4	
40	10 - 20	4,4	0,10	0,33	0,36	5,38	14,34	11,2	1,66	5,4	

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 5. Continuação.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada cm	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	AI	H + AI	CO	P	V
						cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- % ---
P		0,00	ns	ns	ns	0,00	Ns	ns	ns	ns	ns
CV-%		2,4	32,2	89,2	18,3	62,0	18,3	8,2	20,3	33,2	57,3
0	20 - 30	4,0	0,12	0,13	0,11	0,11	6,02	13,96	11,3	1,72	2,8
10	20 - 30	4,1	0,08	0,22	0,02	0,02	5,74	13,41	9,5	1,14	2,6
20	20 - 30	4,1	0,09	0,32	0,16	0,16	6,22	14,54	13,2	1,21	3,9
30	20 - 30	4,2	0,12	0,65	0,32	0,32	5,74	14,24	13,8	2,36	7,4
40	20 - 30	4,3	0,09	0,18	0,23	0,23	5,41	14,08	11,5	1,54	3,7
P		0,03	ns	0,01	0,02	0,02	Ns	ns	0,01	0,01	0,02
CV-%		2,0	33,8	61,4	68,4	68,4	18,8	9,7	12,8	27,6	9,1

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 6. Resultados analíticos de amostras de solo coletadas em diferentes camadas e submetidas a doses de lodo de ETE aplicadas 1 ano após o plantio de *Pinus taeda*. Avaliação realizada em 2008 (2 anos após a aplicação dos tratamentos).

Dose	Camada	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CO	P	V
Mg ha ⁻¹	cm					cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- % ---
0	0-5	3,59	0,25	0,54	0,07	6,86	19,71	35,30	3,68	4,26	
10	0-5	3,86	0,17	1,71	0,19	5,59	15,30	32,63	2,52	12,08	
20	0-5	4,00	0,18	3,26	0,45	4,35	14,83	32,70	2,56	20,22	
30	0-5	3,97	0,17	3,34	0,50	5,06	17,83	33,94	2,11	18,38	
40	0-5	4,37	0,20	3,06	1,04	3,62	13,40	32,61	1,81	36,98	
P	-	0,02	ns	0,03	0,00	ns	ns	ns	ns	ns	0,03
CV	-	6,46	33,68	51,03	55,68	30,88	26,95	15,64	34,65	65,21	
0	5-10	3,68	0,18	0,53	0,03	6,49	16,78	31,41	3,08	4,00	
10	5-10	3,93	0,11	1,51	0,05	5,26	14,78	29,69	1,59	10,07	
20	5-10	4,01	0,13	2,92	0,24	4,07	15,15	30,84	2,24	17,63	
30	5-10	3,98	0,15	1,08	0,83	4,90	16,85	31,63	1,71	11,20	
40	5-10	4,29	0,13	2,22	0,67	3,63	13,56	30,69	1,49	21,16	
P	-	ns	ns	ns	0,00	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	-	6,73	39,52	81,37	78,45	34,58	27,82	25	53,89	82,44	
0	10-20	3,87	0,15	0,36	0,07	6,46	14,09	12,19	1,31	3,69	
10	10-20	3,97	0,11	1,19	0,00	5,77	13,86	10,25	1,27	2,39	
20	10-20	3,98	0,12	2,63	0,16	6,02	14,93	13,75	1,40	4,52	
30	10-20	4,01	0,13	0,60	0,39	5,73	14,94	13,11	1,44	3,38	
40	10-20	4,30	0,10	1,04	0,44	5,38	14,34	11,24	1,66	5,37	

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 6. Continuação.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada cm	pH	CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H + Al	CO	P	V
		-	-	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- % ---
P	-	ns	ns	ns	ns	0,00	ns	ns	ns	ns	ns
CV	-	6,02	33,91	100,25	35,40	56,95	27,38	29,44	41,73	90,97	
0	20-30	4,07	0,08	0,22	5,74	0,02	13,41	9,53	1,14	2,56	
10	20-30	3,98	0,12	0,13	6,02	0,11	13,96	11,35	1,72	2,85	
20	20-30	4,08	0,09	0,32	6,22	0,16	14,54	13,23	1,21	3,91	
30	20-30	4,22	0,12	0,65	5,74	0,32	14,24	13,79	2,36	7,39	
40	20-30	4,26	0,09	0,18	5,41	0,23	14,08	11,54	1,54	3,69	
P	-	ns	ns	ns	ns	0,00	ns	ns	ns	ns	ns
CV	-	6,38	43,38	100,15	34,50	57,79	24,77	29,01	32,09	81,65	

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

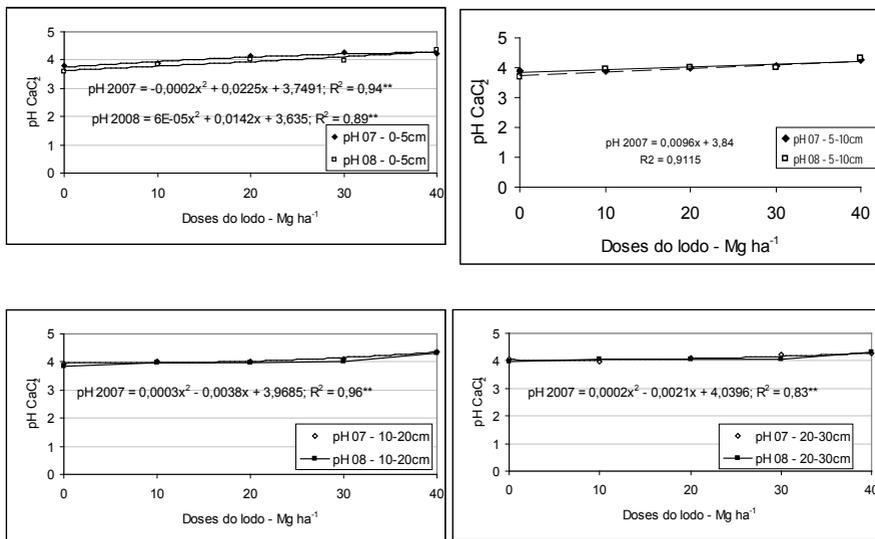


Figura 6. Relações entre doses do lodo aplicado um ano após o plantio de *Pinus taeda* e pH CaCl₂ em amostras de solo coletadas em camadas nos anos 2007 e 2008.

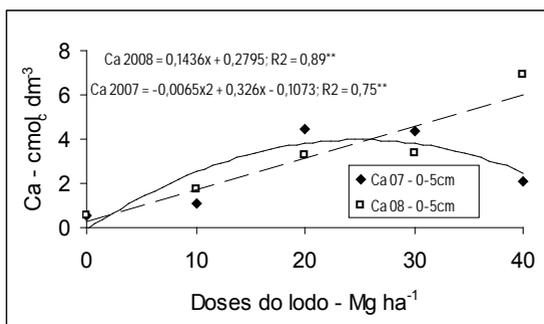


Figura 7. Relações entre doses de lodo aplicadas um ano após o plantio de *P. taeda* e teores de cálcio trocável em amostras de solo coletadas na camada 0 a 5 cm nos anos 2007 e 2008.

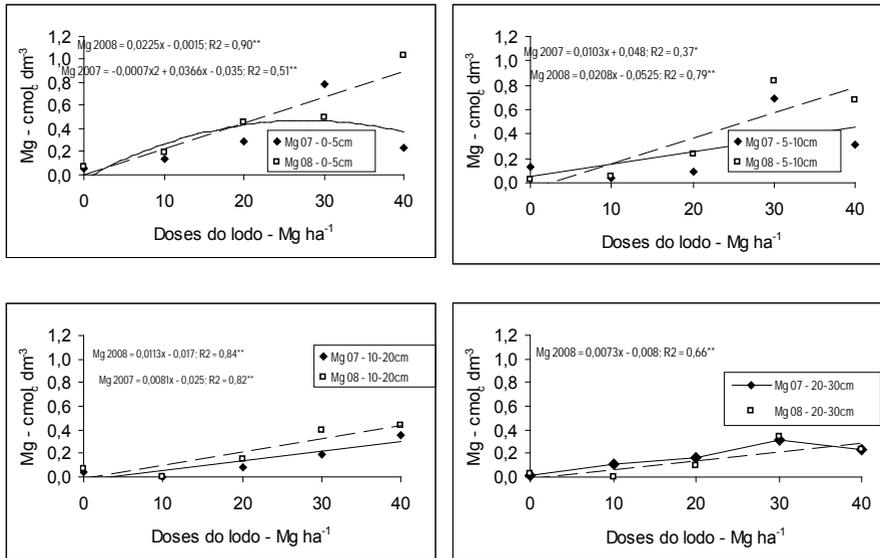


Figura 8. Relações entre doses do lodo aplicadas um ano após o plantio de *P. taeda* e teores de magnésio trocável em amostras de solo coletadas em quatro camadas nos anos 2007 e 2008.

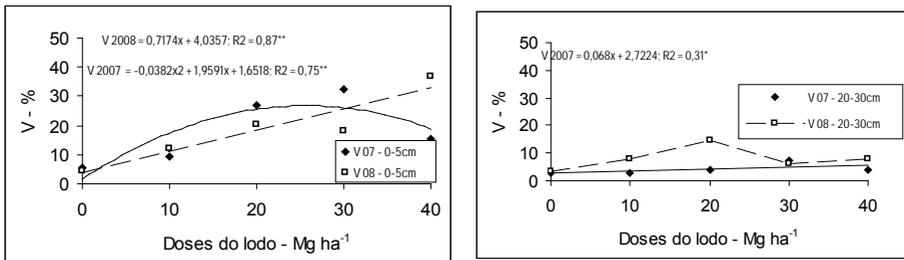


Figura 9. Relações entre doses do lodo aplicadas um ano após o plantio de *P. taeda* saturação por bases (V %) e acidez potencial (H + Al) em amostras de solo coletadas nos anos 2007 e 2008.

Tabela 7. Resultados analíticos de amostras de solo submetidos a doses de lodo de ETE aplicadas 3 anos após o plantio de *P. taeda*. Avaliação realizada em 2008 - 1 ano após a aplicação dos tratamentos.

Dose	Camada	pH	K	Ca	Mg	Al	H*Al	C.O	P	V
Mg ha ⁻¹	cm	CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- mg kg ⁻¹ -----	----- % -----	----- % -----	----- % -----	----- % -----
0	0-5	3,85	0,12	0,09	0,28	4,61	17,90	37,05	2,00	2,64
10	0-5	3,91	0,16	0,48	0,31	4,47	16,91	42,64	1,83	5,53
20	0-5	3,95	0,13	0,85	0,30	4,35	16,96	37,26	1,62	7,22
30	0-5	3,93	0,16	1,36	0,37	4,60	16,84	44,78	2,51	10,36
40	0-5	4,17	0,13	0,95	0,59	4,51	15,52	37,23	2,63	9,40
P	-	ns	ns	0,01	ns	ns	ns	ns	ns	0,03
CV - %	-	5,05	22,08	56,23	58,73	17,32	12,90	11,17	38,00	44,52
0	5-10	3,92	0,09	0,00	0,27	4,30	15,01	34,44	1,16	2,36
10	5-10	3,98	0,11	0,21	0,20	4,36	15,24	38,80	1,07	3,48
20	5-10	3,98	0,09	0,26	0,29	4,18	16,04	33,04	1,02	3,96
30	5-10	3,97	0,10	0,40	0,35	4,44	14,78	53,92	1,90	5,49
40	5-10	4,36	0,12	0,42	0,63	4,52	15,96	38,44	2,37	6,88
P	-	0,03	ns	0,00	ns	ns	ns	0,01	0,03	0,04
CV - %	-	4,49	24,34	44,02	61,16	12,24	13,07	18,41	39,90	42,62
0	10-20	3,96	0,08	0,00	0,14	4,43	14,29	31,45	0,69	1,47
10	10-20	4,00	0,10	0,11	0,09	4,17	14,51	36,20	0,63	2,16
20	10-20	4,03	0,08	0,17	0,16	4,18	14,62	30,46	0,77	2,79
30	10-20	4,03	0,08	0,14	0,30	4,22	14,08	45,93	1,23	3,54
40	10-20	4,04	0,07	0,30	0,26	4,36	14,90	38,49	1,60	4,05

Tabela 7. Continuação.

Dose	Camada	pH	K	Ca	Mg	Al	H*Al	C.O	P	V
Mg ha ⁻¹	cm	CaCl ₂	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- % ---
P	-	ns	ns	0,00	ns	ns	ns	0,03	ns	0,04
CV - %	-	3,05	25,13	47,30	61,91	15,38	8,00	16,84	55,28	40,05
0	20-30	3,97	0,06	0,00	0,08	3,95	13,76	30,36	0,09	0,98
10	20-30	4,03	0,09	0,02	0,07	4,20	12,17	35,25	0,17	1,50
20	20-30	4,10	0,06	0,03	0,16	3,98	11,74	28,03	0,34	2,06
30	20-30	4,08	0,06	0,03	0,14	4,17	13,76	42,46	0,54	1,51
40	20-30	4,04	0,05	0,00	0,36	4,15	14,90	35,36	1,13	2,73
P	-	ns	ns	ns	0,01	ns	0,01	0,02	0,00	ns
CV - %	-	2,72	32,53	257,12	65,20	14,31	8,33	14,77	66,51	53,73

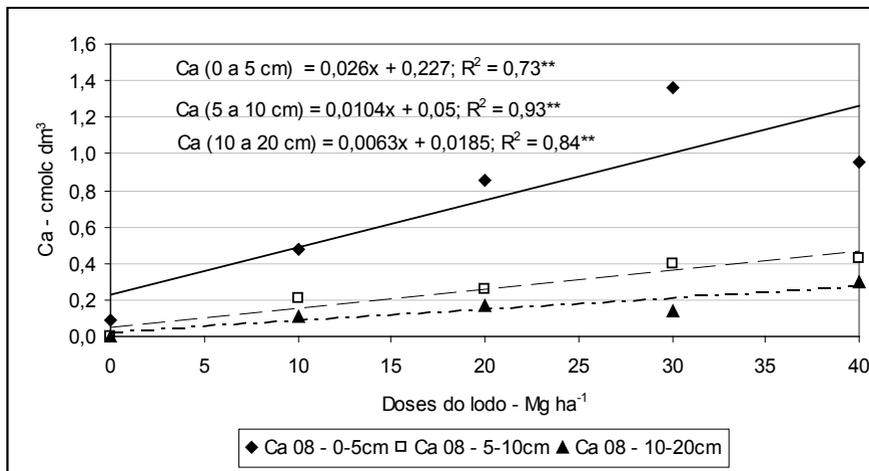


Figura 10. Relações entre teor de cálcio e doses de lodo celulósico aplicadas três anos após o plantio de *P. taeda*, avaliadas um ano após a aplicação (2008).

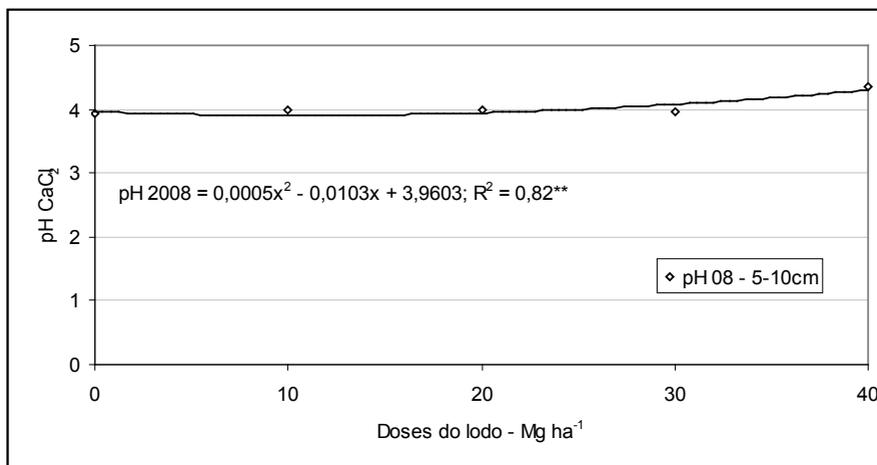


Figura 11. Relações entre pH CaCl_2 na camada 5 cm a 10 cm e doses de lodo celulósico aplicadas três anos após o plantio de *P. taeda*. Avaliação um ano após a aplicação (2008).

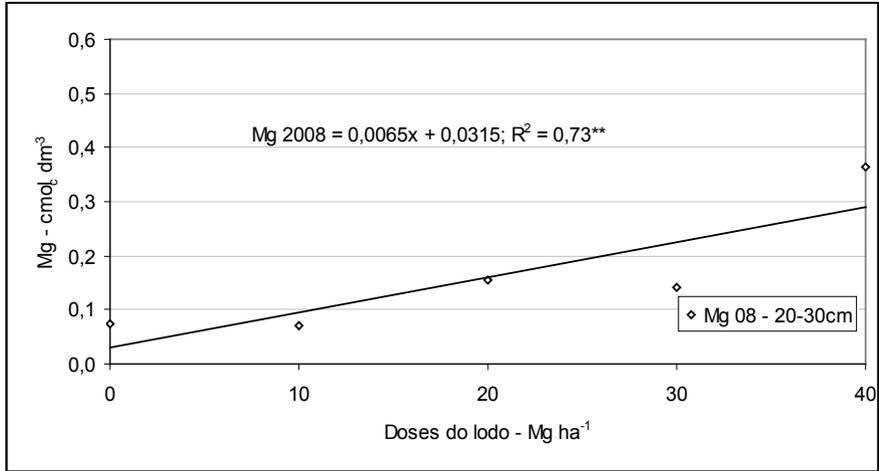


Figura 12. Relações entre teores de magnésio na camada 20 cm a 30 cm e doses de lodo celulósico aplicadas três anos após o plantio de *P. taeda*. Avaliação um ano após a aplicação (2008).

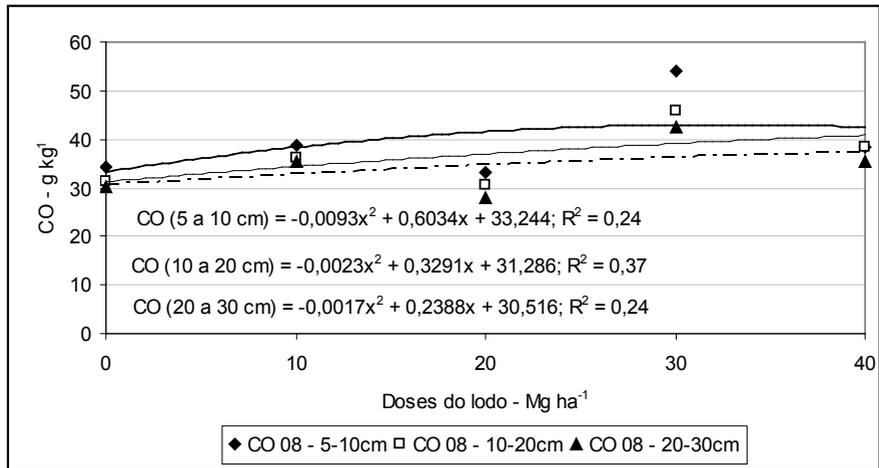


Figura 13. Relações entre teores de carbono orgânico (CO) em três camadas do solo e doses de lodo celulósico aplicadas três anos após o plantio de *P. taeda*. Avaliação um ano após a aplicação dos tratamentos (2008).

Metais pesados e outros elementos potencialmente prejudiciais

Nas Figuras 14 a 16 e Tabela 8 são apresentados os teores de elementos químicos (metais – Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Pb, Mo, Ba, Hg; semi-metal - As e ametal - Se) analisados em amostras coletadas nas parcelas dos tratamentos controle (0 Mg ha⁻¹) e da maior dose (40 Mg ha⁻¹) nos casos dos ensaios PLO e PL3 e em todos os tratamentos na camada 0 a 20 cm no caso do ensaio PL1. Os resultados apresentados nas Figuras 14 a 16 e na Tabela 10, não evidenciam, até o momento, a contaminação do solo provocada pelos elementos químicos presentes no lodo aplicado. Mesmo na maior dose estudada, os conteúdos dos elementos analisados (Tabela 2) foram inferiores às “cargas acumuladas teóricas permitidas de substâncias inorgânicas presentes no lodo”, embora a referência utilizada trate da aplicação de lodo de esgoto (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2006). Chamam a atenção os teores de Pb, As e Ba nos tratamentos controle e na maior dose de lodo por superarem os teores de referência para qualidade do solo mencionados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005). Os limites de detecção do método utilizado para determinação de Cd e Mo situam-se abaixo dos teores limites de qualidade do solo (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2005). No caso do Se, o limite de detecção é superior ao limite de qualidade do solo, prejudicando a análise dos dados observados.

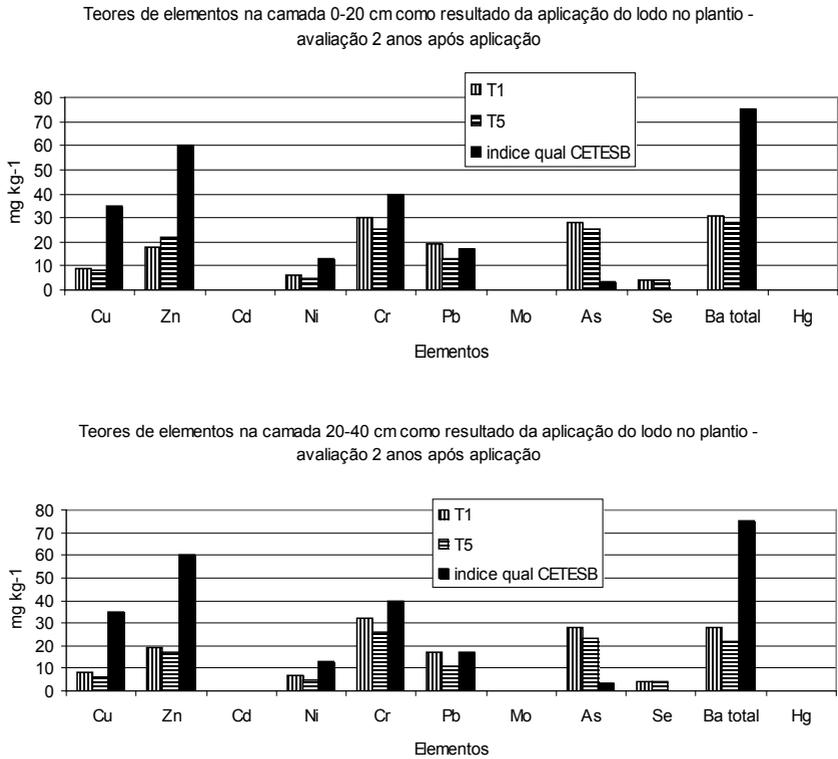


Figura 14. Índice de qualidade do solo apresentado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) e teores de metais nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm, observados nos tratamentos controle – T1 e no tratamento 40 Mg ha⁻¹ – T5 de lodo celulósico aplicados no plantio de *P. taeda*, avaliados dois anos após a aplicação do lodo.

Tabela 8. Índices de qualidade do solo e de prevenção apresentados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) e teores de elementos químicos * na camada O a 20 cm, observados nos tratamentos de lodo celulósico aplicado um ano após o plantio de *P. taeda*, avaliados dois anos após a aplicação do lodo.

Dose Mg ha ⁻¹	Cu	Zn	Cd	Ni	Cr	Pb	Mo	Ba	As	Se
0	5,55	26,75 a	<0,20**	3,50	22,50	20,00	<0,20**	84,25	3,25	<4,00**
10	8,50	25,25 a	<0,20	4,75	25,25	19,50	<0,20	84,00	4,00	<4,00
20	10,50	25,25 a	<0,20	4,25	25,25	19,25	<0,20	74,00	5,00	<4,00
30	9,25	22,75 ab	<0,20	4,00	28,25	21,50	<0,20	88,25	3,00	<4,00
40	8,25	15,75 b	<0,20	3,75	23,50	18,75	<0,20	72,00	2,75	<4,00
P	ns	0,01	na	0,05	ns	ns	na	ns	ns	na
CV - %	32,60	16,40	na	13,30	15,00	26,30	na	50,20	53,60	na
I. qual CETESB	35	60	0,5	13	40	17	4	75	3,5	0,25
I. prev CETESB	60	150	1,3	30	75	72	30	150	15	5

*Valores seguidos por letras iguais nas colunas não diferem significativamente entre si a 5% pelo teste Tuckey. Ausência de letras indicam igualdade entre os valores pelo mesmo teste. ** Limite de detecção do método; na = não analisados estatisticamente – valores abaixo dos níveis de detecção. Análises realizadas pelo Laboratório de Análises do Solo da UFGS – metodologia EPA 3050 (EATON et al. sd.).

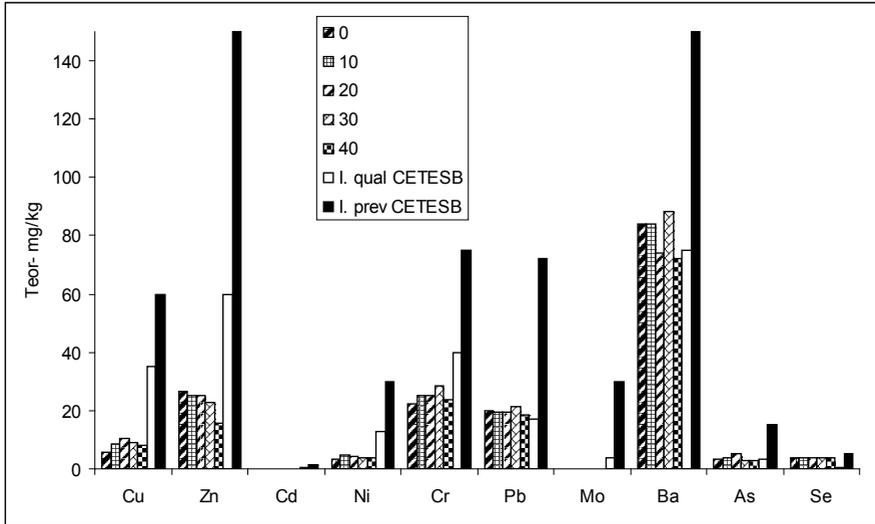


Figura 15. Índices de qualidade do solo e de prevenção apresentados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) e teores de metais na camada 0 a 20 cm, observados nos tratamentos de lodo celulósico aplicado um ano após o plantio de *P. taeda*, avaliados dois anos após a aplicação do lodo.

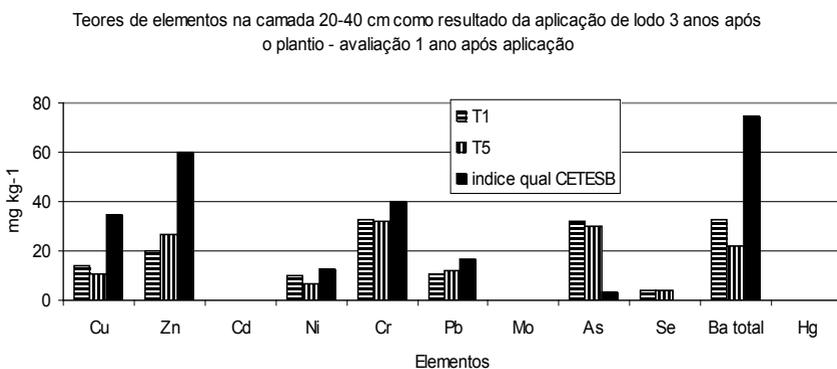
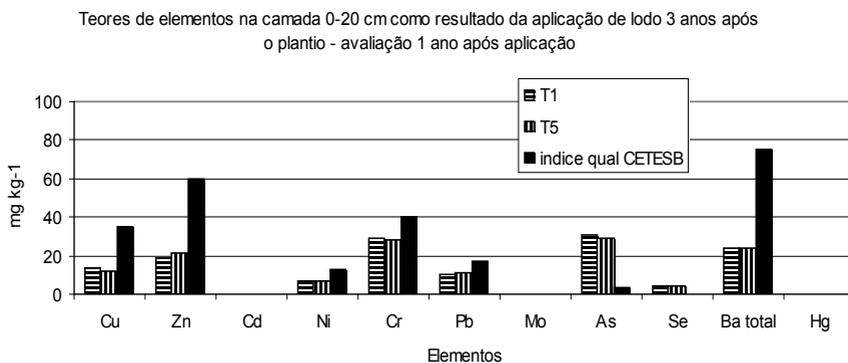


Figura 16. Índice de qualidade do solo apresentado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) e teores de metais nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm, observados nos tratamentos controle – T1 e no tratamento 40 Mg ha⁻¹ - T5 de lodo celulósico aplicados três anos após o plantio de *P. taeda*. Avaliação um ano após a aplicação do lodo.

Aspectos nutricionais

São apresentados nas Tabelas 9 a 11 e Figuras 17 e 18 os resultados analíticos referentes aos teores de nutrientes em amostras de acículas coletadas em 2007 e 2008, no caso do ensaio PLO, e 2008 nos demais ensaios. No ensaio PLO observou-se um aumento nos teores foliares de Ca e K e redução nos teores de Mn e Mg em 2007. Os teores de N, P, Cu, Fe e Zn não foram influenciados pelos tratamentos aplicados em 2007 (Figura 17). Por sua vez, em 2008 o teor de Ca foi aumentado com efeito quadrático com o maior teor do nutriente sendo observado com a aplicação de 30 Mg ha^{-1} do lodo, enquanto o teor de Mn foi reduzido com a aplicação do lodo até a dose de 10 Mg ha^{-1} . No ensaio PL1 não se observou efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes avaliados em 2008. Por sua vez, na avaliação nutricional feita em 2008 em árvores do ensaio PL3 os teores de Ca foram alterados com efeito quadrático sendo o maior teor observado com a aplicação de 30 Mg ha^{-1} do resíduo.

Tabela 10. Teores de nutrientes em acículas de *P. taeda*, submetidos a doses de lodo de ETE aplicados no plantio. Ensaio conduzido no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, pertencente à CVG, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em 2008.

Dose	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Mg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ ----- mg kg ⁻¹ -----								
0	16,7	1,2	5,9	3,16	0,7	5,9	144,5	473,99	80,3
10	14,8	1,2	5,5	4,22	0,7	5,1	167,5	304,56	81,3
20	15,7	1,2	5,4	4,46	0,7	5,1	147,0	346,54	73,0
30	15,9	1,1	5,5	4,93	0,6	5,1	160,5	231,03	70,4
40	15,6	1,2	5,5	4,84	0,6	4,6	167,0	208,22	74,5
P	Ns	ns	ns	0,00	ns	ns	ns	0,00	0,04
CV - %	6,51	3,92	16,40	9,86	11,80	13,00	13,36	21,01	6,53

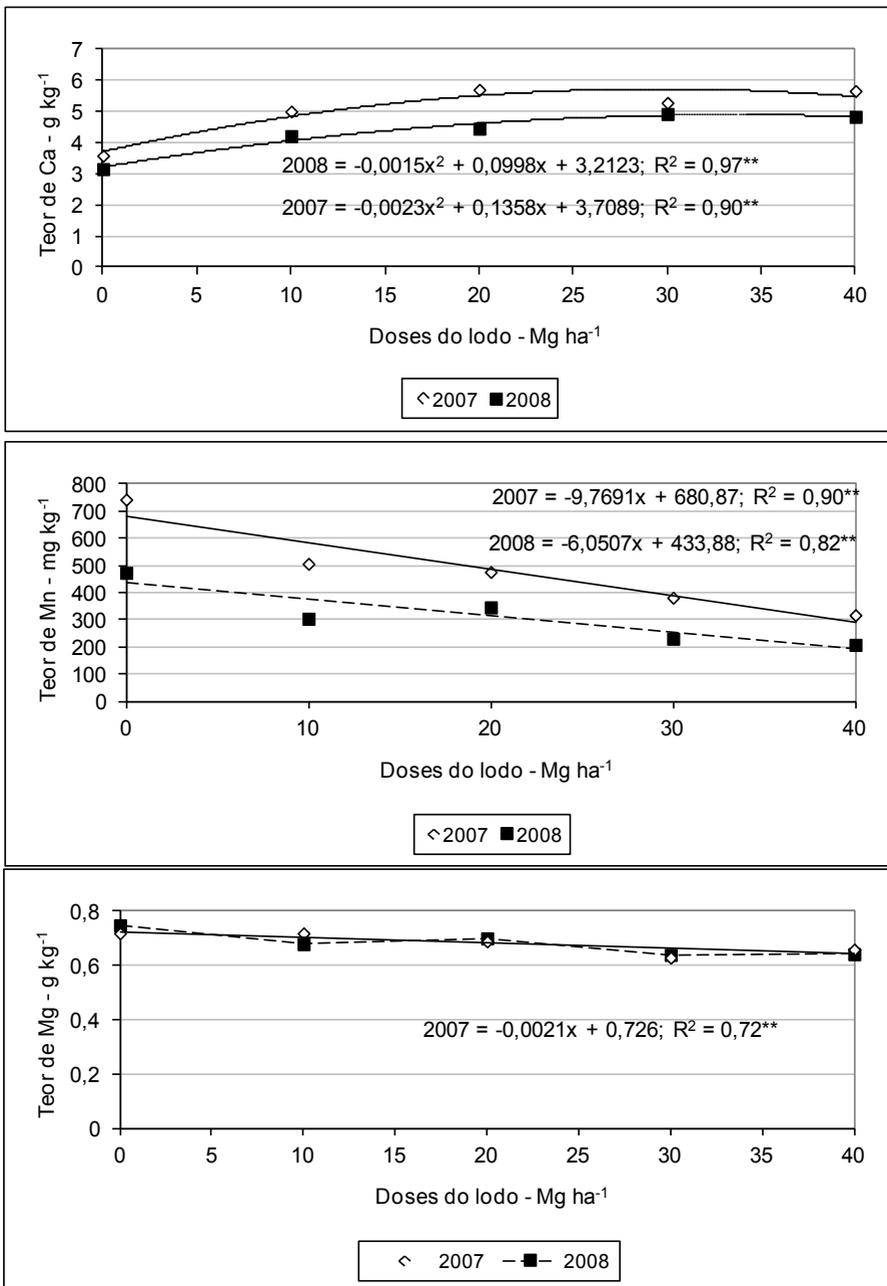


Figura 17. Teores de Ca, Mg e Mn em acículas de *P. taeda* submetidos a doses de lodo de celulósico aplicados no plantio. Amostras coletadas um e dois anos após a aplicação (2007 e 2008).

Tabela 11. Teores de nutrientes em acículas de *P. taeda*, submetidas a doses de lodo de ETE aplicados um ano após o plantio. Ensaio conduzido no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, pertencente à CVG, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em 2008.

Dose	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Mg.ha ⁻¹	g.kg ⁻¹ ----- mg.kg ⁻¹ -----								
0	14,54	0,98	4,89	3,49	0,58	4,08	145,4	310,0	44,9
10	14,39	1,02	4,59	5,24	0,53	4,11	149,4	203,1	52,7
20	14,44	1,07	4,33	5,95	0,60	4,00	140,0	165,8	42,9
30	13,93	1,02	4,23	5,12	0,52	4,06	140,9	157,0	48,1
40	13,79	1,05	4,59	5,49	0,49	3,92	130,3	245,8	46,0
P	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	8,08	8,22	7,68	25,66	21,31	7,9	22,36	41,67	13,39

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 12. Teores de nutrientes em acículas de *P. taeda*, submetidas a doses de lodo de ETE, aplicados três anos após o plantio. Ensaio conduzido no imóvel denominado São Judas, pertencente à CVG, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em 2008.

Dose	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mg ha ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----								
	----- mg kg ⁻¹ -----								
0	13,00	0,84	3,54	2,75	0,78	201	257	3,14	22,1
10	12,18	0,87	3,41	3,48	0,74	205	243	3,41	19,5
20	12,06	0,86	3,69	3,94	0,82	211	237	3,28	20,3
30	11,24	0,84	3,32	4,01	0,78	222	260	3,12	20,3
40	11,69	0,86	3,20	3,88	0,72	219	291	3,63	22,0
P	ns	ns	ns	0,01	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	9,95	5,77	7,90	12,75	8,75	17,31	24,41	7,65	14,37

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

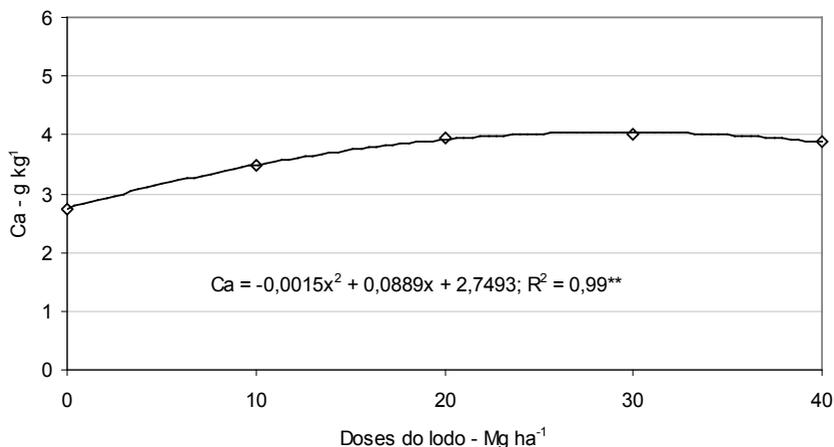


Figura 18. Relação entre teores de cálcio em acículas de *P. taeda*, submetidas a doses de lodo de ETE, aplicados três anos após o plantio. Ensaio conduzido no imóvel denominado São Judas, pertencente à CVG, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em 2008.

Características físicas do solo

Com relação aos atributos físicos do solo, avaliados em amostras coletadas nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, um ano após aplicação do lodo, não se observaram alterações provocadas pela aplicação de doses do lodo celulósico nos três ensaios instalados (Tabela 13 e Figuras 19 a 21).

Tabela 13. Características físicas de amostras de solo submetidas à aplicação de doses de lodo de ETE no plantio de *P. taeda*. Ensaio em condução no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, em Rio Negrinho, SC. Amostras coletadas em 08/2007.

Camada cm	Dose Mg.ha ⁻¹	Densid.	Porosid.	Capacid.	Umid.	Porosid.	Macro-	Água
		solo kg.dm ⁻³	total	campo	atual	aeração	porosidade	disponível
		----- cm ³ .cm ⁻³ -----						
0-5	0	0,782	0,717	0,518	0,518	0,199	0,177	0,057
	10	0,827	0,668	0,473	0,436	0,196	0,166	0,067
	20	0,933	0,630	0,429	0,397	0,203	0,147	0,057
	30	0,795	0,767	0,439	0,385	0,237	0,222	0,046
	40	0,869	0,657	0,429	0,351	0,229	0,216	0,037
P	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	-	19,4	8,62	13,9	20,5	49,7	47,8	58,6
5-10	0	0,753	0,703	0,533	0,532	0,170	0,145	0,057
	10	0,850	0,682	0,547	0,531	0,135	0,116	0,055
	20	1,037	0,617	0,513	0,490	0,107	0,077	0,050
	30	0,920	0,647	0,522	0,488	0,125	0,104	0,054
	40	0,918	0,648	0,551	0,534	0,097	0,084	0,050
P	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	-	16,5	8,9	10,1	12,8	34,04	28,2	50,2

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tabela 13. Continuação.

Camada cm	Dose Mg.ha ⁻¹	Densid. solo	Porosid. total	Capacid. campo	Umid. atual	Porosid. aeração	Macro- porosidade	Água disponível
		kg.dm ⁻³	cm ³ .cm ⁻³					
10-20	0	0,810	0,691	0,546	0,540	0,145	0,127	0,053
	10	0,818	0,680	0,558	0,547	0,122	0,107	0,039
	20	1,003	0,620	0,506	0,483	0,113	0,093	0,057
	30	0,850	0,662	0,530	0,510	0,131	0,114	0,073
	40	0,936	0,638	0,536	0,523	0,102	0,091	0,055
P	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	-	17,7	8,9	14,9	18,5	32,2	30,4	39,6
20-30	0	0,579	0,688	0,514	0,516	0,174	0,153	0,043
	10	0,849	0,664	0,527	0,498	0,137	0,117	0,053
	20	0,595	0,633	0,492	0,480	0,140	0,120	0,060
	30	0,922	0,644	0,517	0,506	0,127	0,107	0,060
	40	0,886	0,636	0,496	0,486	0,141	0,116	0,064
P	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV - %	-	43,3	7,80	11,83	15,32	18,02	19,0	35,6

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

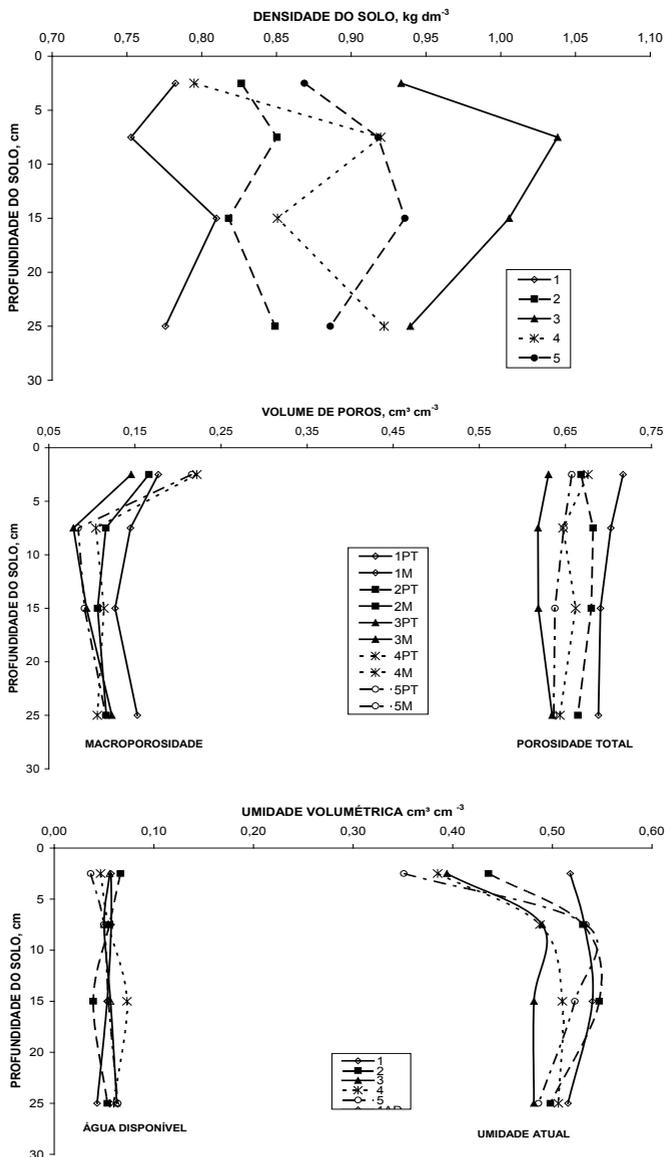


Figura 19. Características físicas de amostras de solo submetidas à aplicação de doses de lodo de ETE no plantio. Ensaio em condução no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, em Rio Negrinho, SC. Tratamentos 1 a 5 referem-se, respectivamente, às doses 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ do resíduo. Amostras coletadas em 08/2007.

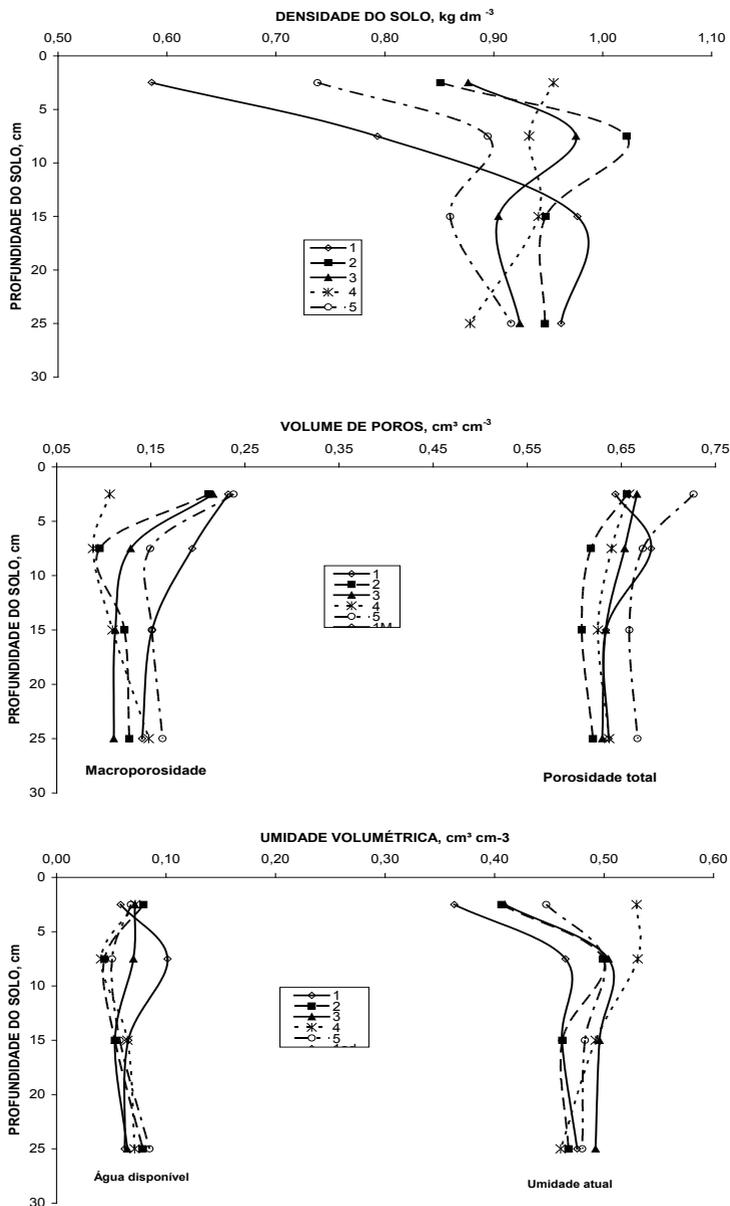


Figura 20. Densidade do solo, macroporosidade, porosidade total, água disponível e umidade atual de solo submetido a doses de lodo de ETE aplicadas um ano após o plantio de *P. taeda*. Tratamentos 1 a 5 referem-se, respectivamente, às doses 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ do resíduo. Avaliação realizada em 2007.

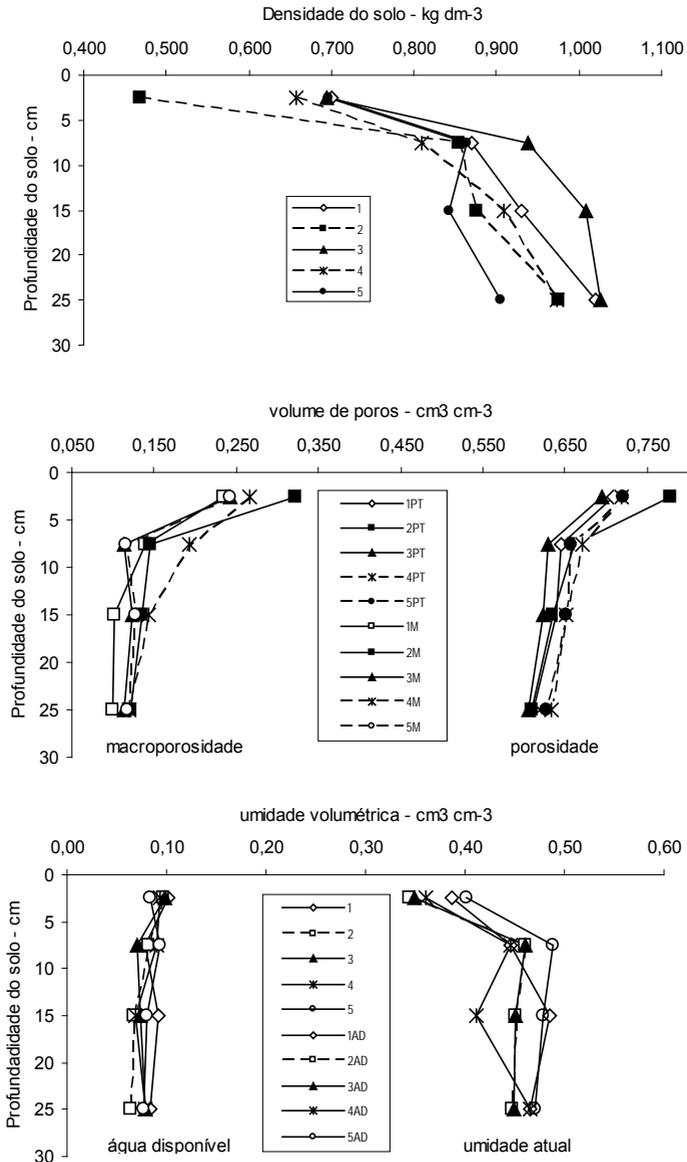


Figura 21. Densidade do solo, macroporosidade, porosidade total, água disponível e umidade atual de solo submetido a doses do lodo de ETE aplicadas três anos após o plantio do *P. taeda*. Tratamentos 1 a 5 referem-se, respectivamente, às doses 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ do resíduo. Avaliação realizada em 2008.

Características biométricas das árvores de *Pinus taeda*

A altura, o diâmetro a altura do peito (DAP) e volume de madeira (VM) (fator de forma = 0,4), o incremento médio (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) das árvores avaliadas em 2007 a 2012 não diferiram significativamente entre os tratamentos nos três ensaios conduzidos (Figuras 22 a 36).

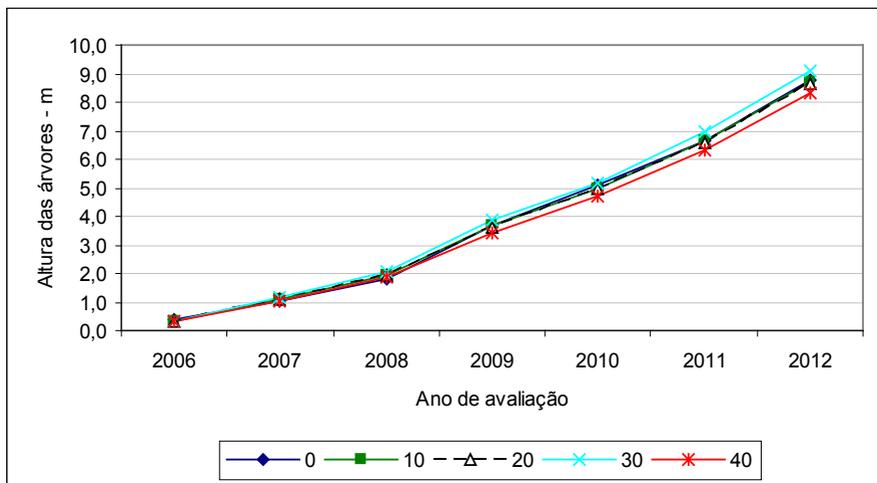


Figura 22. Altura média das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg.ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados no plantio das mudas. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

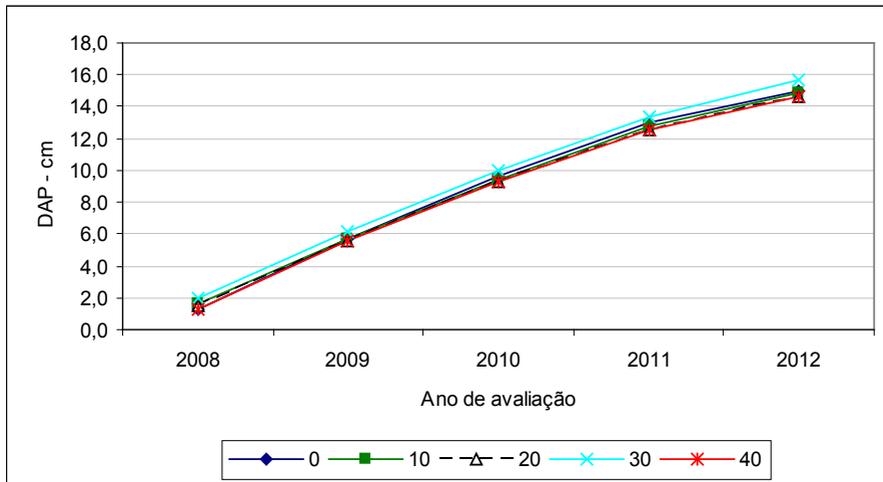


Figura 23. Diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados no plantio das mudas. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

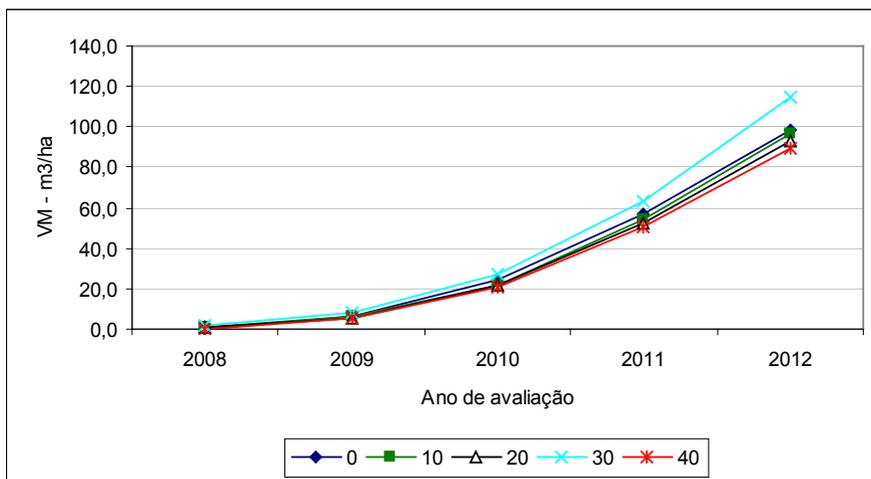


Figura 24. Volume de madeira (VM) das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados no plantio das mudas. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

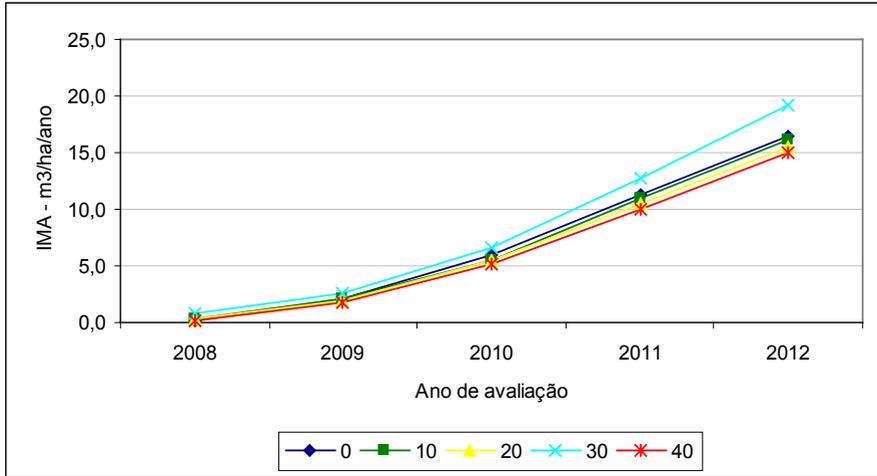


Figura 25. Incremento médio anual (IMA) no volume de madeira das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados no plantio das mudas. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

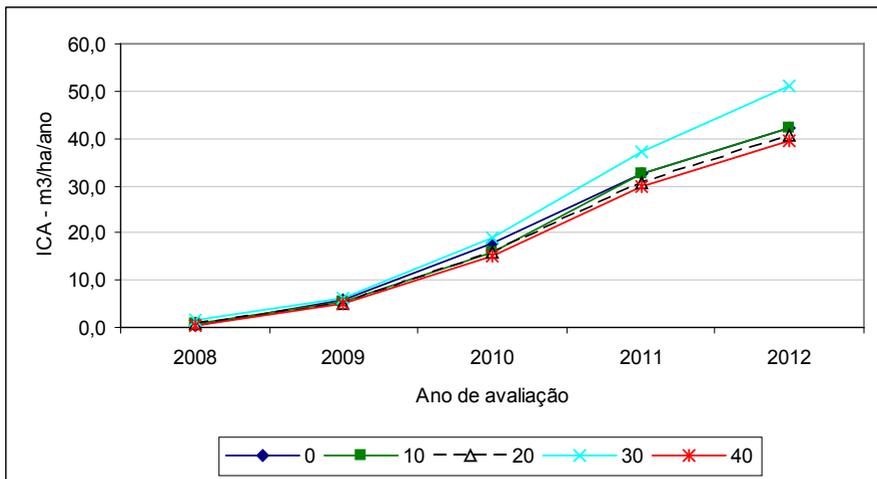


Figura 26. Incremento corrente anual – ICA no volume de madeira das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados no plantio das mudas. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

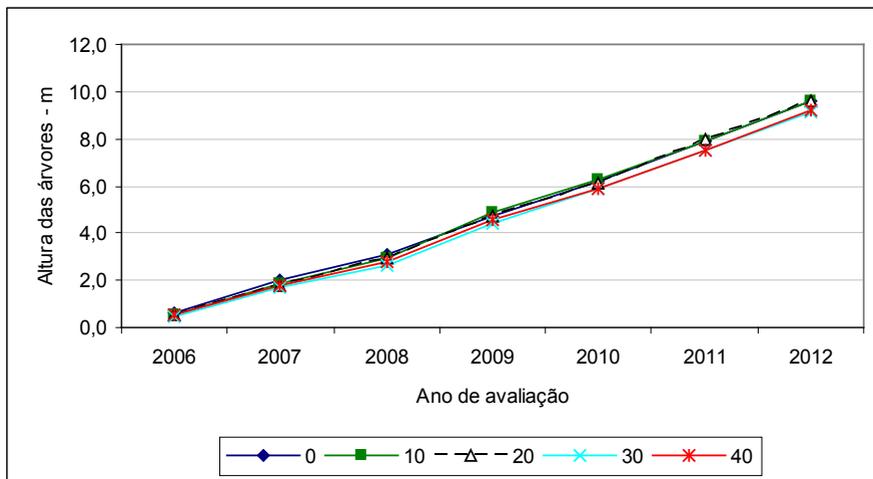


Figura 27. Altura das árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com um ano de idade. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

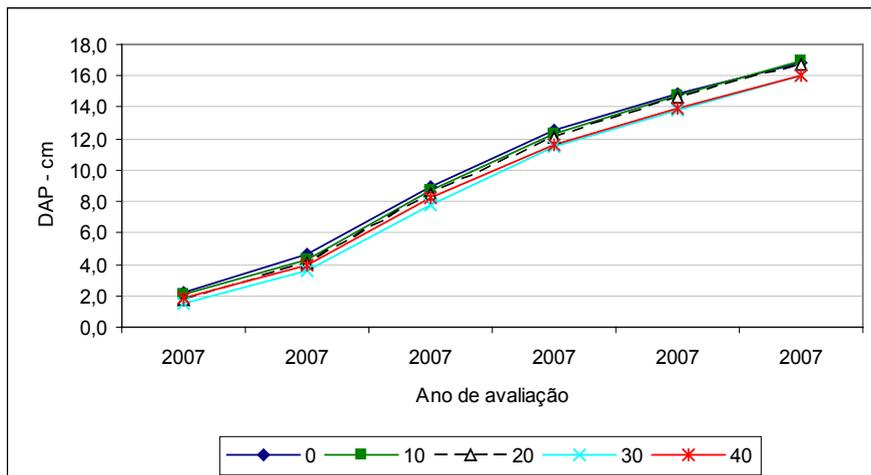


Figura 28. Diâmetro a altura do peito (DAP) de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com um ano de idade. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

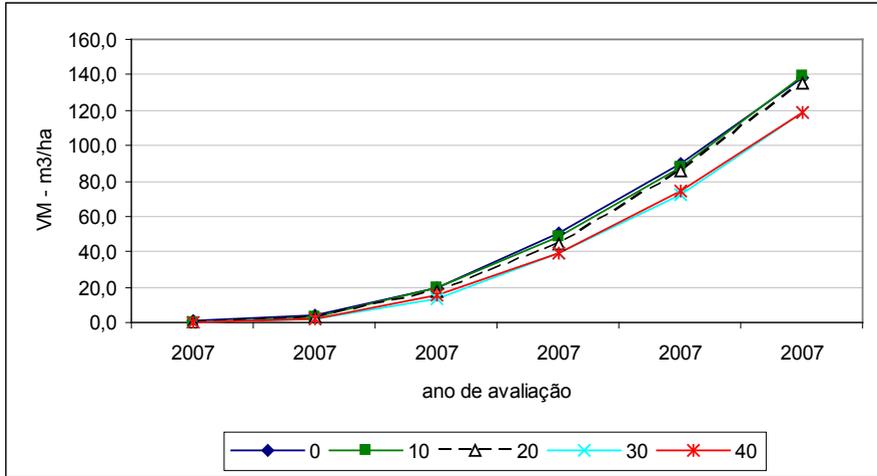


Figura 29. Volume de madeira (VM) de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com um ano de idade. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

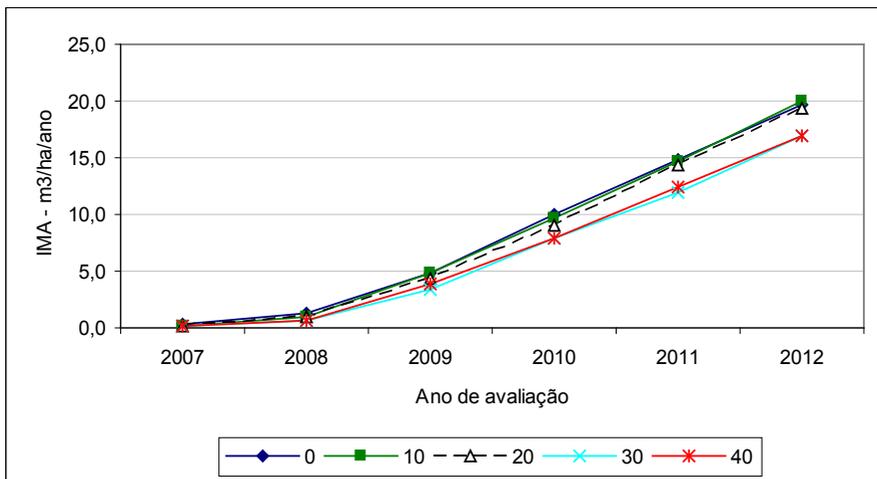


Figura 30. Incremento médio anual (IMA) no volume de madeira de árvores de *Pinus taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com um ano de idade. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

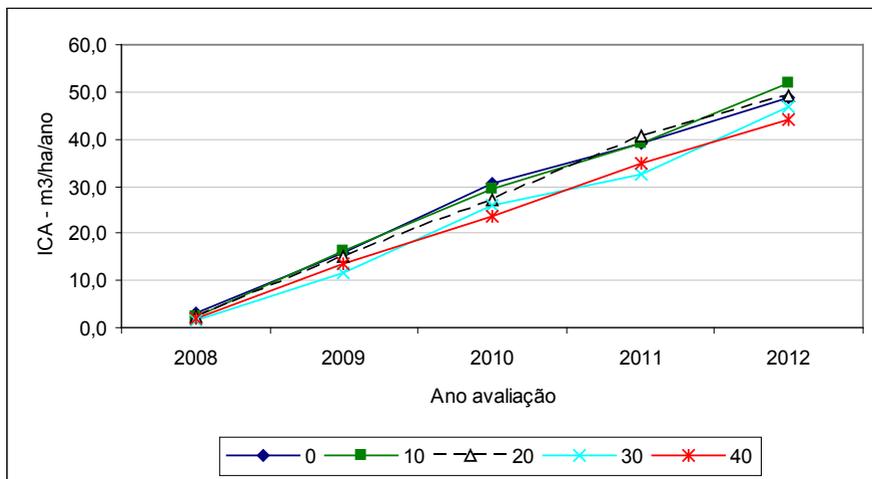


Figura 31. Incremento corrente anual (ICA) do volume de madeira de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com um ano de idade. Ensaio instalado em 2006 no imóvel denominado Butiá do Rio Preto, Rio Negrinho, SC.

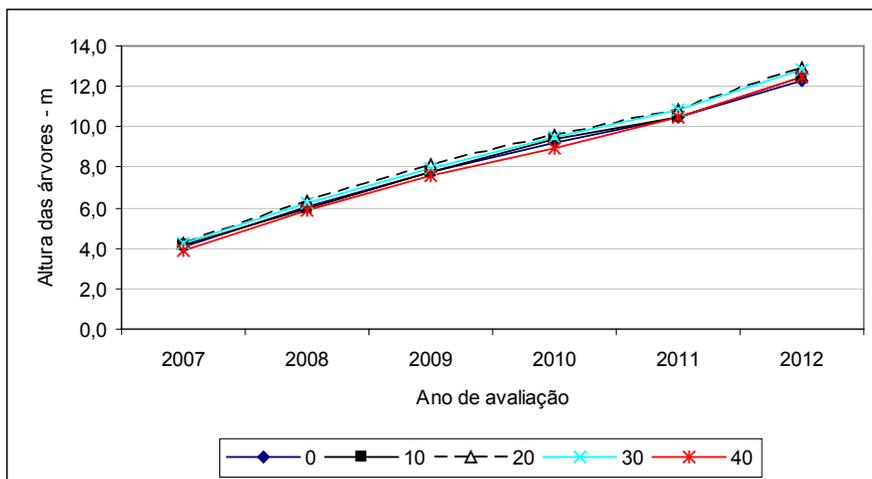


Figura 32. Altura de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com três anos de idade. Ensaio instalado em 2007 no imóvel denominado São Judas, Rio Negrinho, SC.

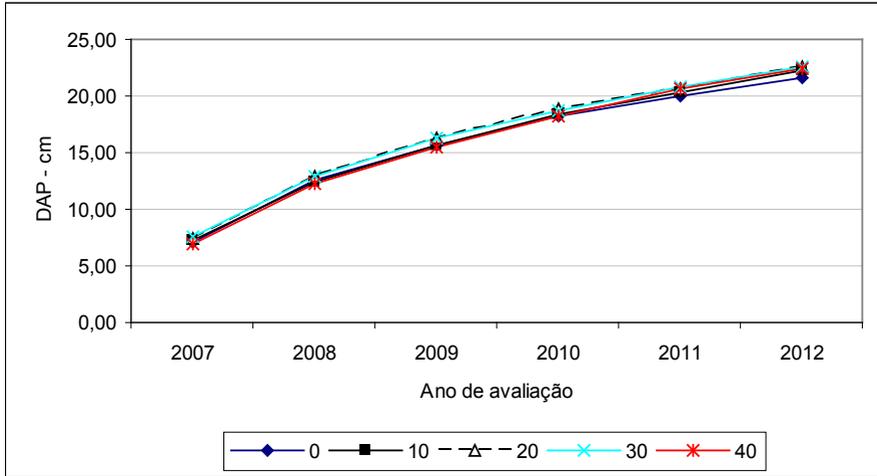


Figura 33. Diâmetro à altura (DAP) de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com três anos de idade. Ensaio instalado em 2007 no imóvel denominado São Judas, Rio Negrinho, SC.

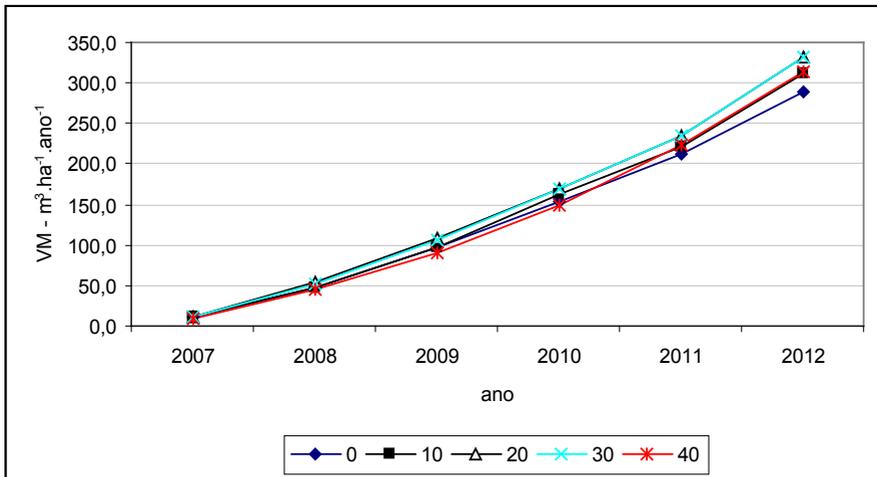


Figura 34. Volume de madeira (VM) de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com três anos de idade. Ensaio instalado em 2007 no imóvel denominado São Judas, Rio Negrinho, SC.

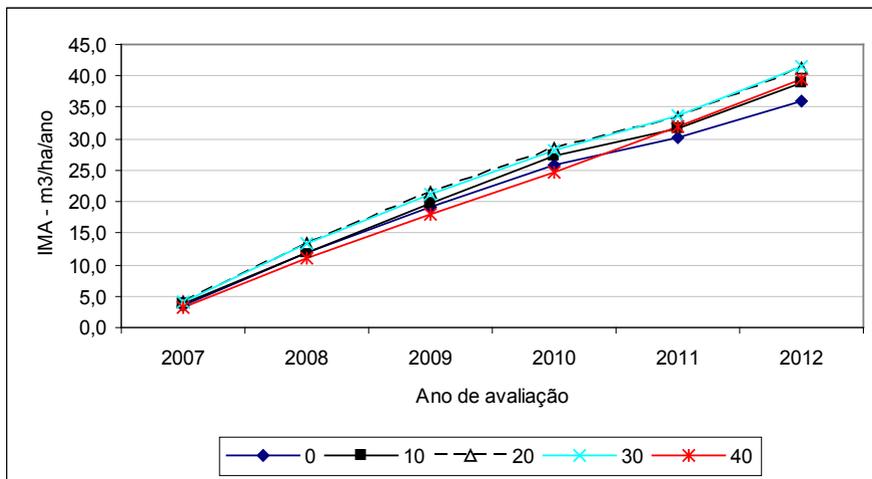


Figura 35. Incremento médio anual (IMA) do volume de madeira de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com três anos de idade. Ensaio instalado em 2007 no imóvel denominado São Judas, Rio Negrinho, SC.

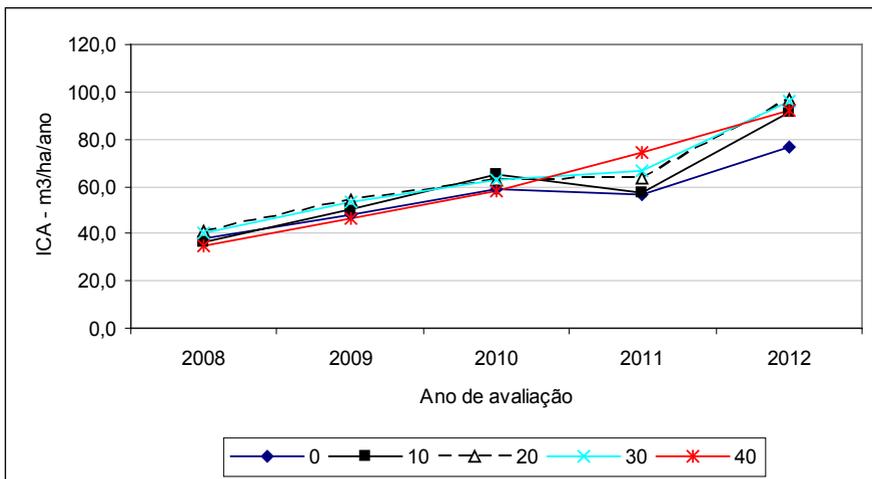


Figura 36. Incremento corrente anual (ICA) no volume de madeira de árvores de *P. taeda* submetidas a diferentes doses (0; 10; 20; 30 e 40 Mg ha⁻¹) de lodo resultante do tratamento de efluentes da reciclagem de aparas de papel aplicados em árvores com três anos de idade. Ensaio instalado em 2007 no imóvel denominado São Judas, Rio Negrinho, SC.

Efeito do lodo celulósico gerado em ETE oriundo de reciclagem de papel combinado com aplicação de calcário no crescimento de plantas de *Eucalyptus dunnii* e em características químicas do solo

Foi utilizado o lodo de ETE, da unidade industrial da Companhia Volta Grande de Papel SA – CVG, instalada no distrito de Volta Grande, Município de Rio Negrinho, SC, e calcário dolomítico combinados conforme apresentado na Tabela 14. Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso com 12 tratamentos. A dose correspondente a 100% do SMP equivale à dose necessária para atingir o pH em água a 5,5 (12,5 Mg ha⁻¹, PRNT 100%). O calcário foi aplicado em faixas de 0,5 m de cada lado da linha de plantio e incorporado com auxílio de enxadas, enquanto o lodo foi aplicado na área total (sem incorporação) das parcelas compostas de 5 linhas com 5 plantas, espaçadas 2,5 m x 2,5 m. Para a estimativa das doses do lodo foi considerado o PRNT igual ao seu valor de neutralização que é de 50%. Doses de N, P e K, calculadas de acordo com Bellote e Neves (2001), foram aplicadas em covas, sendo o P no plantio e o N e o K em cobertura. O ensaio foi instalado em CAMBISSOLO Húmico, no imóvel denominado Rio Feio, pertencente à CVG, localizado em Rio Negrinho, SC. A implantação do ensaio foi realizada em dezembro de 2008.

Resultados

Na avaliação realizada um ano após a aplicação dos tratamentos, observou-se que o calcário, isoladamente, promoveu efeito significativo nos valores de pH na camada 0 a 10 cm. A aplicação do lodo isolado ou combinado com calcário não promoveu mudanças no pH (Figura 37) e na altura da árvores.

Tabela 14. Relação dos tratamentos do ensaio com *Eucalyptus dunnii* conduzido no imóvel denominado Rio Feio, Rio Negrinho, SC.

Tratamento	Calcário dolomítico	Lodo de ETE
	% do SMP	% do SMP
1	0	0
2	0	50
3	0	75
4	0	100
5	0	200
6	25	0
7	25	50
8	25	75
9	25	100
10	25	200
11	50	0
12	100	0

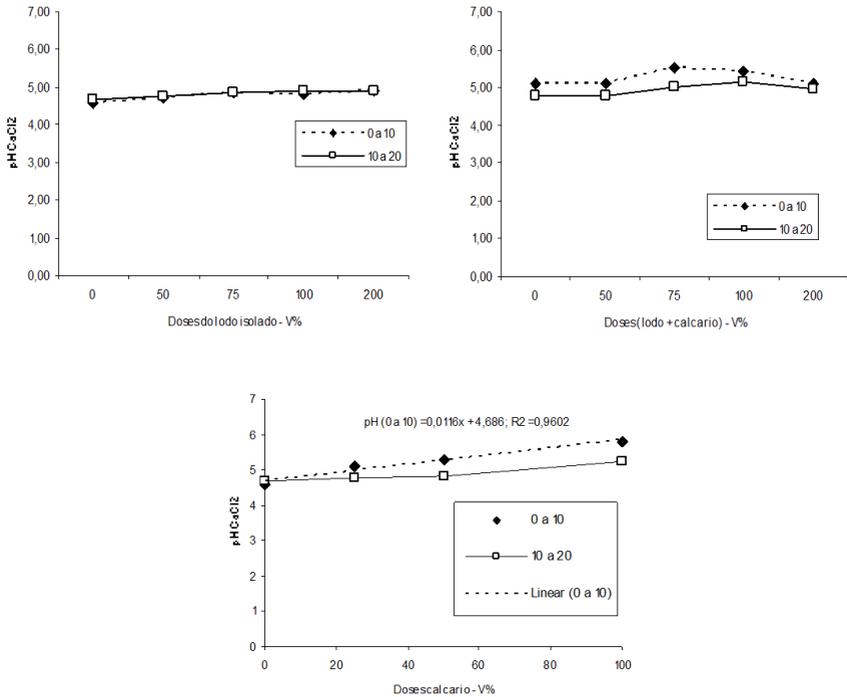


Figura 37. Acidez do solo um ano após a aplicação de doses de lodo, de calcário e da combinação de lodo e calcário. Ensaio conduzido no imóvel denominado Rio Feio, Rio Negrinho, SC. Avaliação realizada em dezembro de 2009.

Considerações finais

Os efeitos positivos observados em algumas características químicas do solo, como a elevação do pH e dos teores de Ca, indicam que o lodo avaliado pode ser utilizado com efeitos benéficos nas condições de solo. Não se observaram efeitos dos tratamentos nas características físicas do solo: densidade do solo, volume de poros e umidade volumétrica. Até o momento, não se observaram efeitos benéficos no desenvolvimento das árvores de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, embora tenha aumentado o teor foliar de Ca em *Pinus taeda*. Provavelmente, em função das espécies utilizadas não serem muito exigentes em fertilidade do solo, as condições naturais de fertilidade do solo utilizado foram suficientes para atendimento, até o momento, das necessidades nutricionais das espécies estudadas. O longo ciclo das duas espécies estudadas indica a necessidade de continuidade do monitoramento da resposta aos tratamentos aplicados, com a avaliação feita também no corte final das árvores.

Até o momento não foi observada contaminação pelos metais – Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Pb, Mo, Ba, Hg; semi-metal - As ou ametal – Se.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004a. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: procedimentos para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004b. 16 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: procedimentos para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004c. 3 p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; TÔRRES, A. N. L.; FONSECA, J. A. da; TEIXEIRA, J. R.; NESI, C. N. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 16-25, 2006

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 6 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 54).

CAIRES, E. F. Manejo da acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES, 2009, Piracicaba. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**: anais. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 1. p. 281-347.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas**: critérios para projeto e operação: manual técnico. São Paulo, 1999. 32 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.** Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em 23 ago. 2013.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Variáveis de qualidade das águas.** 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de-qualidade-das-aguas>>. Acesso em: 23 ago. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial República [da] Federativa do Brasil.** Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial República [da] Federativa do Brasil.** Brasília, DF, n. 167, p. 141-146, 30 ago. 2006. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2010.

COSTA, E. R. O. **Alterações químicas no solo e na água de percolação após aplicação de resíduos de fábrica de papel reciclado em *Pinus taeda* L.** 2007. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 267-280. 2006.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

RAIJ, B. V. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 142 p.

SISINNO, C. L. S. Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 369-374, mar./abr. 2003.

TAUK, S. M. Biodegradação de resíduos orgânicos no solo. **Revista Brasileira de Geociência**, São Paulo, v. 20, n. 1-4, p. 299-301, 1990.

YABE, M. J. S.; GIMENEZ, S. M. N.; BISINOTI, C.; PAES, M. A. A.; LOBO, R. R.; FIGUEIREDO, E. S. Influência de fenóis da bacia do Rio Tibagi. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBQ, 2000. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/1260/index.html>>. Acesso em: 12 mar. 2007.

Embrapa

Florestas

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 11053