

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE TRÊS CONCENTRAÇÕES DE LODO DA INDÚSTRIA TÊXTIL NA RESPIRAÇÃO MICROBIANA EM UM CAMBISSOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS

Influence of Application of Three Concentrations of Textile Industry Sludge on Microbial Respiration on a Inceptisolo with Different Forest Cover

Susan Bezerra Chaves¹
David Fernando Prandini²
Marcos Vinicius Winckler Caldeira³
Djalma Miler Chaves⁴

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos na flora microbiana de cambissolos submetidos à aplicação de biossólido de indústria têxtil. A coleta dos solos foi realizada na Fazenda Lageadinho de propriedade da Klabin S.A.; localizada no município de Otacílio Costa, SC, em áreas de Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) e reflorestamentos de *Eucalyptus dunnii* (10 anos) e *Pinus elliottii* (11 anos). As amostras de solos foram coletadas em trincheiras de 1m² de área a uma profundidade de 0 a 20 cm. O estudo foi conduzido em laboratório e recebeu os seguintes tratamentos: 20 e 40 Mg ha⁻¹ de biossólido de indústria têxtil (base seca), e testemunha (sem biossólido). No experimento foi avaliada a respiração microbiana, em amostras de solo incubadas em recipientes de vidro de 500g. A respiração microbiana foi avaliada 1 dia após a adição do biossólido nos solos e as leituras subsequentes foram realizadas a cada 4 dias, durante um período de 48 dias. A respiração basal do solo aumentou nos três solos (FOMM, *Eucalyptus dunnii* e *Pinus elliottii*) com a adição de 20 e 40 Mg ha⁻¹ de biossólido.

Palavras-chave: Biossólido; Solos florestais; Respiração.

¹ Bióloga, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Câmpus II, CEP -89030-080, Blumenau (SC). Bolsista – CAPES susanbc@ig.com.br

² Aluno de Engenharia Florestal, Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Câmpus II, CEP -89030-080, Blumenau (SC). dfprandini@yahoo.com.br

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Câmpus II, CEP -89030-080, Blumenau (SC). caldeira@furb.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Consultor corporativo de silvicultura e solos, Klabin S.A., CEP - 88525-445, Lages (SC) dmchaves@klabin.com.br

Abstract

The present study had the objective to evaluate the impacts of application of biosolids from the Textile Industry on the soil microbial populations. The soils were collected at Lageadinho Forest land, owned by Klabin Florestal S.A. The property was located at the municipality of Otacilio Costa in the state of Santa Catarina. The forest type cover was represented by a Mixed Araucaria Forest, (FOMM), *Eucalyptus dunnii* (10 years) and *Pinus elliottii* (11 years). The soil samples were collected from soil pits with an area of 1 m² and depth of 0 to 20 cm. The study was represented by an experiment conducted in laboratory and received the following treatments: 0, 20 and 40 mg ha⁻¹ of biosolids (dry basis) from the Textile Industry. The microbial respiration in soils was determined in soil samples kept in glass jars. Respiration evaluation started 1 day after the incubation began and was carried out for 48 days. During that period the respiration was measured every 4 days. The respiration increased on the 3 soils with the application of 20 and 40 mg ha⁻¹ of biosolids.

Keywords: Biosolid; Forest soils; Respiration.

Introdução

As principais fontes de contaminação do solo, segundo Siqueira et al. (1994), decorrem do uso de agroquímicos, deposição de resíduos urbanos e industriais com materiais tóxicos, além de vazamentos e derramamentos acidentais de poluentes. Poluentes que acumulam e interferem nos processos funcionais do solo, levando à queda da produtividade e à degradação, representam perigo à saúde humana e animal e contaminam mananciais.

Resíduos são todos os materiais sólidos, pastosos, líquidos ou gasosos descartados nos processos de produção, transformação, utilização ou consumo, sem que se estabeleça um valor de uso ou de mercado (NOLASCO et al., 2000).

Quanto à origem, os resíduos podem ser classificados em diferentes tipos: resíduos da produção agrícola e florestal, resíduo hospitalar, resíduos urbanos (lixo e o esgoto) e resíduos industriais. São exemplos desses resíduos os lodos provenientes das instalações de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos de controle à poluição e líquidos cuja composição torne inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água (NOLASCO et al., 2000).

As águas residuárias, após tratamento, produzem um resíduo insolúvel, chamado de lodo ou biossólido. Esse tratamento tem como finalidade torná-las as menos poluídas possíveis para seu retorno ao meio ambiente. O lodo gerado no processo de tratamento de esgoto pode apresentar, além de nutrientes e matéria orgânica, uma série de elementos tóxicos, principalmente metais pesados (OLIVEIRA et al., 2003).

Os biossólidos contêm matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Além disso, a matéria orgânica contida

nos biossólidos pode aumentar o conteúdo de húmus, melhorando a capacidade de armazenamento e de infiltração da água do solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão (TSUTYA, 2000).

Faria e Rodriguez (2000) acreditam que uma das alternativas a longo prazo, com grande potencial de sucesso, é a utilização do biossólido como fertilizante orgânico em plantios florestais implantados com espécies de rápido crescimento. Tais locais apresentam boas perspectivas para a disposição final do biossólido, uma vez que os riscos de contaminação humana são menores, comparativamente às demais alternativas agrícolas.

A atividade biológica, além de indicador da qualidade do solo, juntamente com a vegetação, atua como um filtro biológico de grande importância no processo de reciclagem e purificação de água de esgoto tratado, podendo trazer benefícios ao solo, sem riscos de contaminação ao ambiente (SIQUEIRA et al., 1994). No entanto, a microbiota do solo possui uma capacidade limitada para mineralizar esses resíduos, de forma que sua aplicação excessiva é capaz de poluir o solo (LAMBAIS, 1992).

O presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos da aplicação de diferentes concentrações de lodo da indústria têxtil na atividade microbiana nos solos de Floresta Ombrófila Mista Montana e em solos reflorestados com *Eucalyptus dunnii* (10 anos) e *Pinus elliottii* (11 anos) por meio da taxa de respiração.

Materiais e métodos

Descrição da Área e da coleta

Localização

A coleta de solos foi realizada na Fazenda Lageadinho, propriedade da Klabin S.A., localizada no município de Otacilio Costa, SC. A Fazenda

da Lageadinho está localizado a 27° 37' 5" de Latitude S e 50° 10' 5" de longitude W de Greenwich, com altitude de 914 m.s.n.m.

Clima

Segundo a classificação de Thorthwaite, a região possui um tipo climático mesotérmico, com uma média anual de precipitação de 1408,3 mm. A temperatura média anual da região é de 15,6 °C apresentando umidade de 80% (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986).

Vegetação

A formação florestal original da área de coleta é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Pinheiros). Trata-se de uma floresta particularmente restrita ao planalto, caracterizada pela presença de *Araucaria angustifolia*, apresentando características marcantes da vegetação, imprimindo um aspecto de floresta de coníferas.

Para este estudo foram selecionadas três áreas com coberturas vegetais diferentes: cobertura de Floresta Ombrófila Mista Montana e duas áreas reflorestadas com: *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, de onde foram retiradas as amostras de solo usadas nos experimentos.

A área de floresta nativa da região é proeminente constituída de *Araucaria angustifolia* com sub-bosque denso (ATLAS DE SANTA CATARINA, 1986). No sub-bosque dominam as lauráceas, dentre as quais sobressaem as imbuías (*Ocotea porosa*), canela-lageana (*Ocotea pulchella*), entre outras. Sabe-se que a área está intocada por aproximadamente 30 anos.

A área de coleta de *Pinus elliottii* foi plantada em 1995 e possui 5,45 ha, (essa espécie é muito utilizada para a fabricação de papel e celulose). Foi possível observar que o solo apresentou abundância de frutificações de fungos micorrízicos.

A área de *Eucalyptus dunnii* é de 2,61 ha e foi plantada em 1996, sendo essa espécie muito utilizada para geração de energia e, mais recentemente, para a fabricação de papel e celulose. Na área de coleta foi observada a presença esporádica de fungos específicos, dentre eles *Pizolittbus tinctorius*, e pouca presença de raízes, já que a superfície do solo possui uma consistência dura.

Solos

Na área experimental com cobertura florestal de Floresta Ombrófila Mista Montana predomina a classe de solo classificada como Cambissolo Álico Tb A húmico, textura argilosa. Os solos reflorestados com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii* possuem solos do tipo Cambissolo Álico Tb A húmico, textura média (EMBRAPA, 1998).

Características Físicas do solo sob *Eucalyptus dunnii*

Na amostra coletada sob o plantio de *Eucalyptus dunnii*, com 10 anos de idade, foi possível observar um adensamento do solo a partir de 10 cm de profundidade, com a presença de uma camada compactada, estrutura maciça laminar onde as raízes não penetram nos blocos de estrutura e ficam dispostos paralelamente à superfície do solo. Os blocos possuem consistência dura quando úmida e muito dura quando seca. A quantidade de raízes observadas foi baixa.

Características Físicas do solo sob *Pinus elliottii*

O solo coletado sob o plantio de *Pinus elliottii*, com 11 anos de idade, possui estrutura moderada, grande granular, bem friável e com boa distribuição de raízes até 20 cm de profundidade. A consistência dos blocos angulares quando úmido é friável e quando seco ligeiramente dura.

Características Físicas do solo sob Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM)

Na amostra coletada sob área de Floresta Ombrófila Mista Montana, observou-se um solo com estrutura moderada muito pequena e pequena angular, muito friável até 20 cm de profundidade. A presença de raízes era muito abundante.

Coleta dos solos

Para a realização da coleta das amostras de solo foi aberta uma trincheira, com dimensão de 1m x 1m com de profundidade de 0 a 20 cm.

Em seguida foi retirada a serrapilheira e coletada integralmente a parte do solo na profundidade estabelecida (incluindo pequenas raízes, folhas e insetos) no interior dos talhões e nas entrelinhas do plantio, evitando-se sempre as bordaduras e os possíveis efeitos residuais da adubação. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e peneiradas, enquanto úmidas, com peneiras com malha de 2 mm.

Para a realização das análises físicas e químicas, foram retiradas subamostras dos solos das três áreas do estudo. As subamostras foram enviadas sete dias após a coleta ao laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O restante das amostras foi acondicionado e mantido sob refrigeração a 4°C até a realização

dos experimentos. As análises foram realizadas segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Lodo da Indústria Têxtil

O lodo de indústria têxtil foi fornecido pela Companhia Hering, localizado no Bairro Velha, município de Blumenau, SC.

Para caracterização química do lodo industrial foram coletadas amostras compostas do lodo e acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas imediatamente ao laboratório da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC) (TABELA 1).

TABELA 1 – Análise química do biossólido de indústria têxtil.

Table 1 - Chemical analysis of textile industry biosolid.

Determinações	Unidade	Resultados
Nitrogênio total		6,20
Fósforo		111,40
Potássio		0,40
Cobre	g/kg	0,02
Zinco		0,01
Sódio		1,60
Molibdênio		Não detectado
pH (em H ₂ O)	-	6,80
C/N	-	5,00
Umidade	%	85,50
Carbono orgânico	g/kg	31,00
Resíduo mineral	%	5,50

A amostra de lodo não apresenta características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, nem patogenicidade.

Delineamento Experimental

No presente estudo foi realizado um experimento para avaliação da respiração microbiana (atividade microbiana), onde foram utilizados os solos de FOMM e os de reflorestamen-

to com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, tratados com 20 Mg ha⁻¹ e 40 Mg ha⁻¹, base seca de lodo de indústria têxtil (Classe II), e testemunha (solo sem aplicação de biossólido). As determinações de CO₂ foram realizadas durante um período de 48 dias, após 1 dia de incubação, com intervalos de 4 dias entre as determinações. O delineamento experimental utilizado foi fatorial com nove tratamentos (TABELA 2) e três repetições, perfazendo um total de 27 unidades experimentais.

TABELA 2 – Descrição dos tratamentos experimentais.

Table 2 - Experimental treatments description.

Tratamento	
T1	Floresta Ombrófila Mista Montana (FOMM) (Testemunha)
T2	FOMM +20 Mg ha ⁻¹ de biossólido
T3	FOMM + 40 Mg ha ⁻¹ de biossólido
T4	<i>Pinus elliottii</i> (Testemunha)
T5	<i>Pinus elliottii</i> + 20 Mg ha ⁻¹ de biossólido
T6	<i>Pinus elliottii</i> + 40 Mg ha ⁻¹ de biossólido
T7	<i>Eucalyptus dunnii</i> (Testemunha)
T8	<i>Eucalyptus dunnii</i> + 20 Mg ha ⁻¹ de biossólido
T9	<i>Eucalyptus dunnii</i> + 40 Mg ha ⁻¹ de biossólido

Condução do Experimento

A umidade dos solos e do lodo foram determinadas preteritamente. A umidade foi determinada em estufa a uma temperatura de 105 °C até atingir peso constante (TABELA 3).

TABELA 3 – Teor de umidade encontrado no lodo de indústria têxtil e Cambissolos com diferentes coberturas florestais.

Table 3 - Moisture content in textile industry biosolid and inceptisoloil with different forest cover.

Cobertura vegetal e biossólido	Umidade (%)
Lodo	83,72
FOMM	10,23
<i>Pinus elliottii</i>	9,49
<i>Eucalyptus dunnii</i>	10,05

Em seguida, foi determinada a Capacidade de Campo, onde foram pesados 1 kg de solo (base seca) e saturados com água destilada. Após 24h esses solos foram pesados novamente e mantidos com 55% da umidade encontrada durante todo período de incubação.

As unidades experimentais foram conduzidas em laboratório, por um período de 48 dias, à temperatura ambiente no Laboratório de Engenharia Têxtil, do Departamento de Engenharia Química – FURB.

Respiração

A respiração do solo foi estimada pela quantidade de CO₂ liberado durante a incubação. Cerca de 100 gramas de solo (base seca) foram colocados em frascos tipo conserva de 500 gramas contendo beakers de 50 ml, com 20 ml de NaOH 1,0 mol L⁻¹. Os frascos foram hermeticamente fechados por períodos de 1 a 4 dias e após cada período foi realizada a titulação da solução com HCl 0,5 mol L⁻¹. As determinações de CO₂ foram

realizadas durante um período de 48 dias após 1 dia de incubação, com intervalos variáveis de 1 a 4 dias entre as determinações.

A respiração basal acumulativa é soma total de todo o período de incubação e foi obtida pela soma de todas as titulações realizadas durante os 48 dias de incubação.

Análise estatística

O objetivo do presente trabalho foi verificar se os resultados obtidos indicam tendências na respiração basal dos microrganismos do solo entre os três tipos de coberturas florestais, bem como pela aplicação de lodo de indústria têxtil, baseando-se na média das três repetições de cada tratamento.

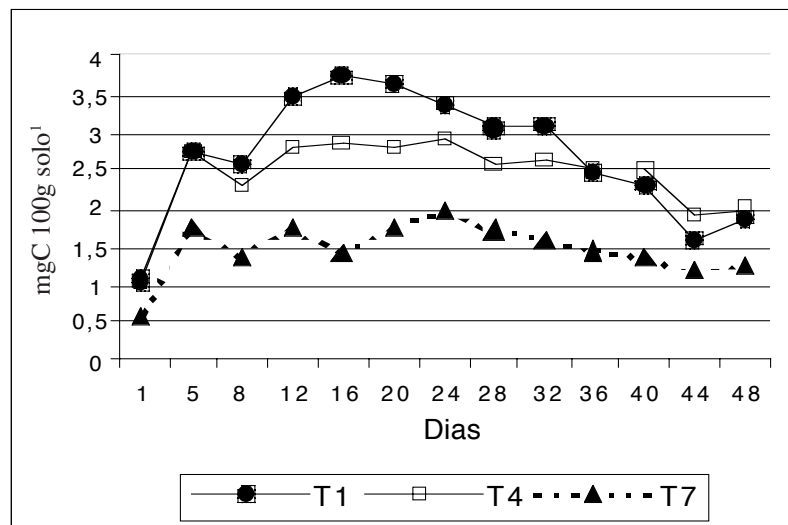
Resultados e discussão

Respiração Basal

Ao avaliar a respiração basal nos tratamentos testemunha (T1, T4 e T7), observou-se que o solo com FOMM apresentou a taxa de respiração mais elevada, atingindo a concentração máxima de 3,74 mgC 100g solo⁻¹ aos 16 dias de incubação, decrescendo gradualmente após esse período. A partir de 36 dias de incubação o solo com *Pinus elliottii* respirou mais que o solo com FOMM. A respiração basal do solo com *Pinus elliottii* foi inferior ao FOMM até os 36 dias, a partir desse período foi superior até o término do estudo. Observou-se que a respiração basal do solo com *Eucalyptus dunnii* foi inferior aos demais solos durante todo o período de estudo (FIGURA 1).

FIGURA 1 – Respiração do solo sob diferentes coberturas florestais, durante 48 dias sem adição de biossólido (Testemunha). Média de 3 repetições. (T1- FOMM, T4 – *Pinus elliottii*, T7- *Eucalyptus dunnii*).

FIGURE 1 - Soil respiration with different forest coverage, during 48 days without biosolid application. 3 replications average (T1- FOMM, T4 - *Pinus elliottii*, T7- *Eucalyptus dunnii*).



Neste estudo, o solo com FOMM e *Pinus elliottii* apresentaram relação C/N inicial mais baixo que o solo com *Eucalyptus dunnii*, indicando decomposição mais rápida da matéria orgânica nos solos com FOMM e *Pinus elliottii* (TABELA 4). Esse resultado também foi observado no estudo realizado por Della Bruna et al. (1991) apud Tuffi Santos et al. (2005), onde solo com *Eucalyptus dunnii* apresentou respiração basal e saturação de bases

inferior à floresta nativa e maior relação C/N no solo com *Eucalyptus dunnii*. Della Bruna et al. (1991) apud Tuffi Santos et al. (2005) observaram que a atividade microbiana sob a floresta nativa foi maior que em reflorestamento com *Eucalyptus dunnii*. Segundo esses autores, isso ocorre em função do solo sob eucalipto apresentar menor teor de bases e maior relação C/N, o que contribuiu para menor atividade microbiana nesses sistemas.

TABELA 4 – Relação C/N e saturação de bases (V) no solo sob diferentes coberturas florestais aos 7 dias, sem tratamento com biossólido.

Table 4 - C/N relation and base saturation of soils with different forest cover after 7 days without biosolid treatment.

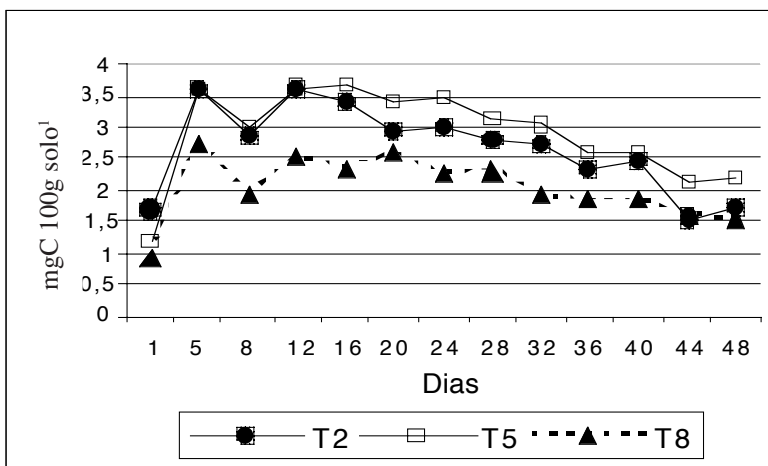
Variável	FOMM	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Eucalyptus dunnii</i>
Relação C/N	13,3	15,7	18,2
V %	2,0	2,0	1,0

A adição de 20 Mg ha⁻¹ de biossólido provocou um aumento na respiração em todos os solos estudados, porém, o solo com *Pinus elliottii* apresentou respiração basal superior aos demais solos durante todo o período de incuba-

ção. A respiração basal do solo com *Eucalyptus dunnii* foi inferior aos demais solos. O solo com FOMM apresentou valores intermediários entre os solos com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii* (FIGURA 2).

FIGURA 2 – Respiração do solo sob diferentes coberturas florestais, durante 48 dias com adição de 20 mg ha⁻¹ de biossólido, média de 3 repetições (T2 - FOMM, T5 - *Pinus elliottii*, T8 - *Eucalyptus dunnii*).

Figure 2 - Soil respiration with different forest cover, during 48 days with 20 mg ha⁻¹ of biosolid, average of 3 replications (T2- FOMM, T5 - *Pinus elliottii*, T8 - *Eucalyptus dunnii*).



Comportamento semelhante foi observado pela adição de 40 Mg ha⁻¹ de biossólido no solo em estudo. Maior liberação de CO₂ ocorreu no solo com *Pinus elliottii*, seguido do solo com FOMM e finalmente do solo com *Eucalyptus dunnii* (FIGURA 3).

A análise dos resultados mostrou que os “picos máximos” de respiração do solo sob FOMM teve a conformação da curva de respiração alterada (picos máximos mais cedo) pela adição de biossólido, mas sem alteração significativa no valor máximo.

No caso dos solos sob *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, além dos picos ocorrerem mais cedo, pela adição do biossólido, os valores máximos também aumentaram, num gradiente crescente com o aumento das doses de biossólido.

Comparando estas duas últimas situações, observa-se que os aumentos foram relativamente proporcionais, ou seja, no solo sob *Pinus elliottii* de 2,7 para 4,2 mgC 100g solo⁻¹ enquanto que no solo sob *Eucalyptus dunnii* passou de 1,8 para 3,0 mgC 100g solo⁻¹.

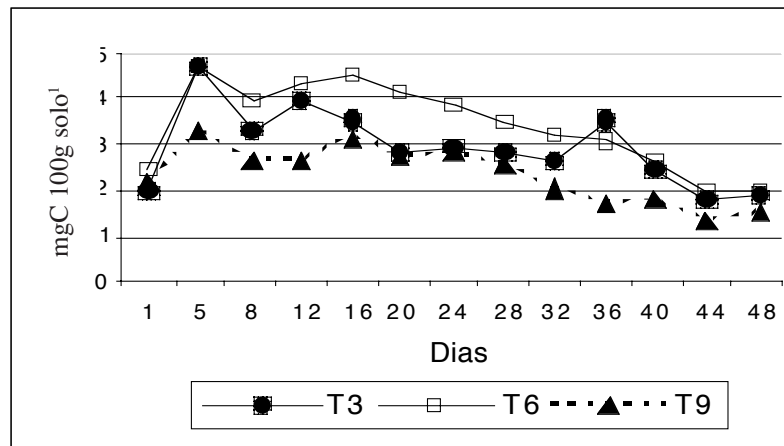
A menor respiração no solo sob *Eucalyptus dunnii* certamente está relacionada com a sua maior relação C/N, menor biomassa microbiana, possivelmente menor diversidade microbiana e certamente as condições físicas do solo (duro e

compactado) que contribuíram para uma atividade microbiana mais restrita.

No solo sob FOMM, provavelmente por apresentar condição inicial favorável, a adição de lodo não provocou efeito expressivo na respiração.

FIGURA 3 - Respiração de três solos, durante 48 dias com adição de 40 mg ha⁻¹ de biossólido, média de 3 repetições. (T3 - FOMM, T6 – *Pinus elliottii*, T9 – *Eucalyptus dunnii*).

Figure 3 - Respiration of three soils with different forest cover, during 48 days with addition of 40 mg ha⁻¹ of biosolid, average of 3 replications (T3- FOMM, T6 - *Pinus elliottii*, T9 - *Eucalyptus dunnii*).



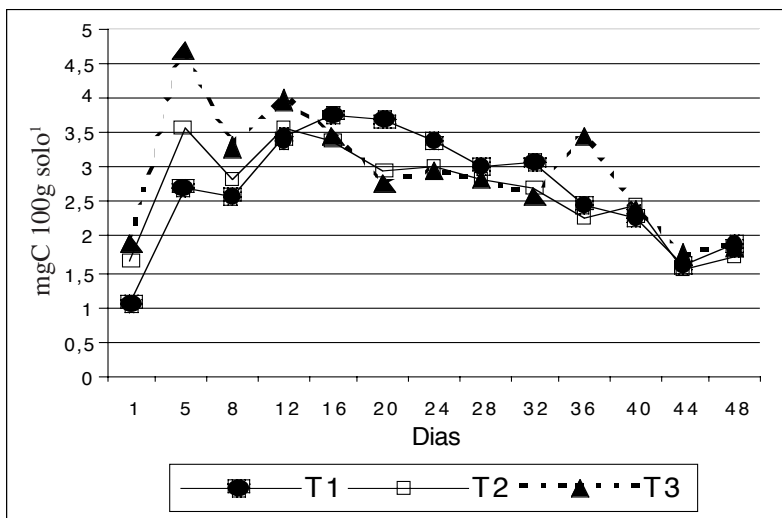
A adição de biossólido provocou um aumento na respiração dos solos sob as três diferentes coberturas florestais. O mesmo fato foi observado por Passianoto et al. (2001). De acordo com Passianoto et al. (2001), com o aumento das doses de resíduos foi observado um acréscimo na produção de CO₂, não ocorrendo inibição do processo respiratório. A atividade microbiana foi mais expressiva nos primeiros dias de incubação, ocorrendo, porém, com o transcorrer do tempo (16 dias) um decréscimo na liberação de CO₂. Esse comportamento pode ser atribuído à maior dispo-

nibilidade de nutrientes observada logo após a adição dos resíduos, os quais podem ter favorecido a respiração microbiana.

A adição de 40 Mg ha⁻¹ de biossólido no solo com FOMM liberou maior quantidade de CO₂ após 12 dias de incubação, ou seja, 3,96 mgC 100g solo⁻¹. Nessa fase, houve aumento na respiração em resposta à adição de uma fonte de energia e nutrientes (biossólido). Após esse período, a respiração decresceu gradativamente, igualando-se aos outros solos no final do estudo (FIGURA 4).

FIGURA 4: Respiração do solo sob FOMM durante 48 dias. Média de 3 repetições. T1- FOMM sem tratamento; T2 - FOMM com 20 mg ha⁻¹ de biossólido; T3 - FOMM com 40 mg ha⁻¹ de biossólido.

Figure 4: Soil respiration with FOMM during 48 days. Average of 3 replications (T1- FOMM without biosolid, T2 - FOMM with 20 mg ha⁻¹ of biosolid , T3- FOMM with 40 mg ha⁻¹ of biosolid).

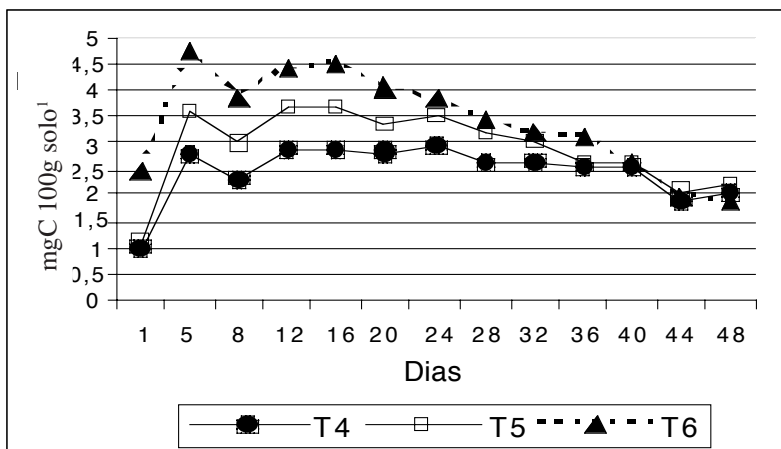


Por outro lado, a adição de 40 Mg ha⁻¹ de biossólido no solo com *Pinus elliottii* apresentou maior respiração basal aos 16 dias de in-

cubação, liberando 4,5mgC 100g solo⁻¹ . Após esse período a respiração decresceu gradualmente (FIGURA 5).

FIGURA 5 – Respiração do solo sob *Pinus elliottii* durante 48 dias. Média de 3 repetições. T4- *Pinus elliottii* sem tratamento; T5 – *Pinus elliottii* com 20 mg ha⁻¹ de biossólido; T6 – *Pinus elliottii* com 40 mg ha⁻¹ de biossólido.

Figure 5 - Soil respiration under *Pinus elliottii*, during 48 days, 3 replications average, T4- *Pinus elliottii* without biosolid; T5 - *Pinus elliottii* with 20 mg ha⁻¹ of biosolid; T6- *Pinus elliottii* with 40 mg ha⁻¹ of biosolid.



A adição de 40 Mg ha⁻¹ de biossólido em solo com *Eucalyptus dunnii* provocou liberação de 3,14 mgC 100g solo⁻¹, a maior liberação de CO₂ na respiração basal ocorreu aos 16 dias de incubação, decrescendo após esse período, fato semelhante também observado no solo com *Pinus elliottii*, (FIGURA 6).

No caso dos solos sob *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*, a adição de biossólido provocou aumentos na respiração que se prolongaram por períodos mais longos, possivelmente devido as suas menores capacidades tampão.

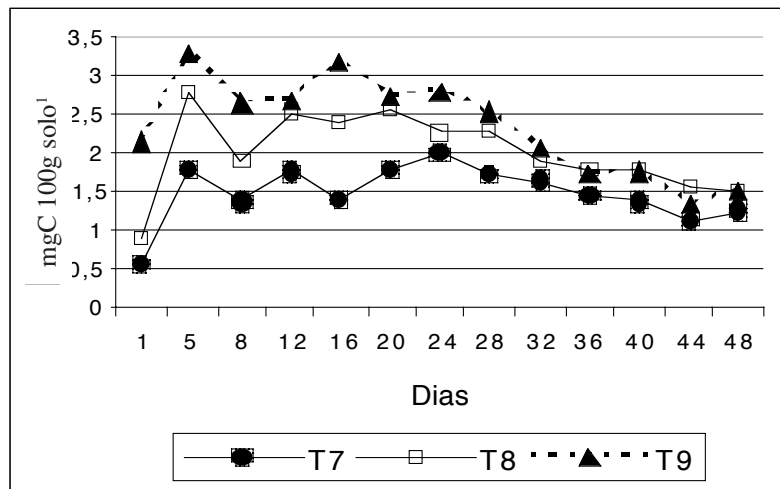
Da mesma forma, avaliando-se a cinética de degradação de biossólidos, Caldeira (1997) apud Lopes (2001) encontrou liberações significativamen-

te maiores de CO₂ para os solos que receberam biossólidos, em relação à testemunha. Esses valores atingiram um pico em torno de 25 dias, quando então começam a decair devido, provavelmente, à exaustão do carbono orgânico. Tuffi Santos et al. (2005) relatam maior atividade microbiana no 20º dia após incubação.

Diferente do trabalho realizado por Caldeira (1997) apud Lopes (2001) e Tuffi Santos et al. (2005), os solos estudados atingiram pico antes dos 20 dias, sendo que o solo com FOMM liberou maior quantidade de CO₂ após 12 dias de incubação e os solos com *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii* após 16 dias de incubação.

FIGURA 6 – Respiração do solo sob *Eucalyptus dunnii* durante 48 dias. Média de 3 repetições. T7- *Eucalyptus dunnii* sem tratamento; T8 – *Eucalyptus dunnii* com 20 mg ha⁻¹ de biossólido; T9 – *Eucalyptus dunnii* com 40 Mg ha⁻¹ de biossólido.

Figure 6 - Soil respiration under *Eucalyptus dunnii* during 48 days. 3 replications average. T7- *Eucalyptus dunnii* without biosolid; T8 - *Eucalyptus dunnii* with 20 mg ha⁻¹ of biosolid; T9- *Eucalyptus dunnii* with 40 mg ha⁻¹ of biosolid.



Ao avaliar a respiração basal absoluta, ou acumulativa, os solos com adição de 40 mg ha⁻¹ de biossólido apresentaram os maiores valores de CO₂ liberado, sendo que o solo com *Pinus elliottii* foi o que mais respirou, seguido do solo com FOMM e

por último o solo com *Eucalyptus dunnii* (TABELA 5). Esse aumento observado na respiração foi aparentemente o resultado da adição do biossólido, que serviu de fonte de energia e nutrientes aos microrganismos do solo.

TABELA 5 – Respiração basal acumulativo em três solos tratados com 20 e 40 mg ha⁻¹ de biossólido, após 48 dias de incubação, em que os dados representam médias de 3 repetições.

Table 5 - Accumulative respiration of three soils treated with 20 e 40 mg ha⁻¹ of biosolid, the data represent the 3 replications average.

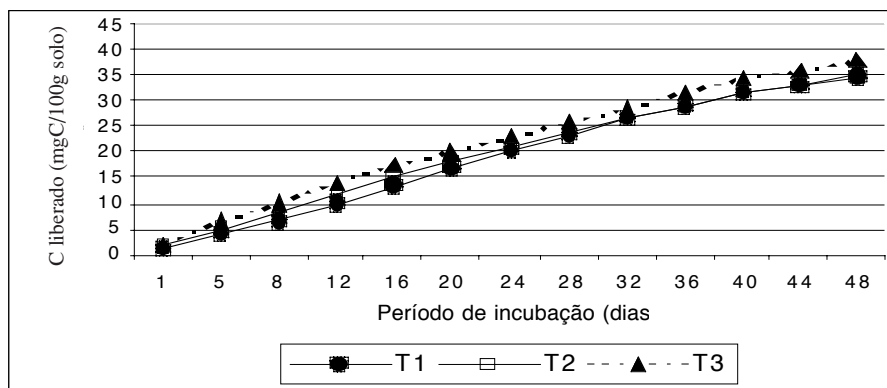
Tratamento	Respiração absoluta (mgC 100g solo ⁻¹)
T1 – FOMM sem tratamento (Testemunha)	35,00
T2 – FOMM 20 Mg ha ⁻¹	34,54
T3 – FOMM 40 Mg ha ⁻¹	37,92
T4 – <i>Pinus elliottii</i> sem tratamento (Testemunha)	31,72
T5 – <i>Pinus elliottii</i> 20 Mg ha ⁻¹	37,56
T6 – <i>Pinus elliottii</i> 40 Mg ha ⁻¹	43,88
T7 – <i>Eucalyptus dunnii</i> sem tratamento (Testemunha)	19,18
T8 – <i>Eucalyptus dunnii</i> 20 Mg ha ⁻¹	26,08
T9 – <i>Eucalyptus dunnii</i> 40 Mg ha ⁻¹	30,20

Neste estudo, os maiores valores de respiração basal foram observados nos tratamentos com as maiores doses de biossólidos, sendo que no solo com FOMM a respiração praticamente não

se alterou com a adição de 20 Mg ha⁻¹ de biossólido. Da mesma maneira, a adição de 40 Mg ha⁻¹ de biossólido não causou aumentos significativos, quando comparados à testemunha (FIGURA 7).

FIGURA 7 – Respiração acumulativa do solo com FOMM durante 48 dias de incubação, média de 3 repetições, T1- FOMM sem tratamento; T2 - FOMM com 20 mg ha⁻¹ de biossólido; T3 - FOMM com 40 mg ha⁻¹ de biossólido.

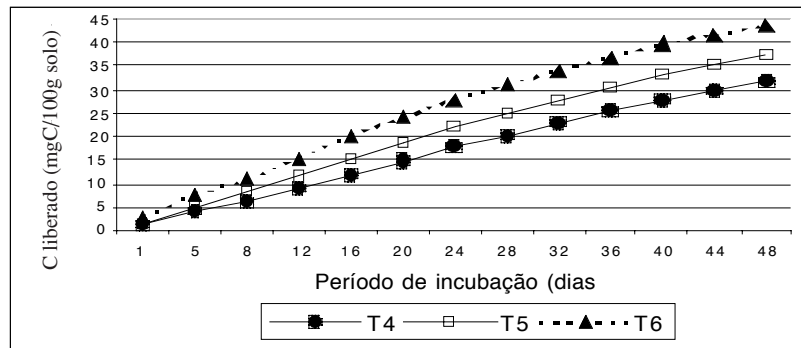
Figure 7 - Accumulative soil respiration with FOMM during 48 days, 3 replications average, T1- FOMM without biosolid; T2 - FOMM with 20 mg ha⁻¹ of biosolid; T3- FOMM with 40 mg ha⁻¹ of biosolid.



No solo com *Pinus elliottii* o aumento da respiração basal foi proporcional à dose de bio-sólido recebida (FIGURA 8).

FIGURA 8 – Respiração acumulativa de solos com *Pinus elliottii* durante 48 dias, média de 3 repetições, T4- *Pinus elliottii* sem tratamento; T5 – *Pinus elliottii* com 20 mg ha⁻¹ de bio-sólido; T6 – *Pinus elliottii* com 40 mg ha⁻¹ de bio-sólido.

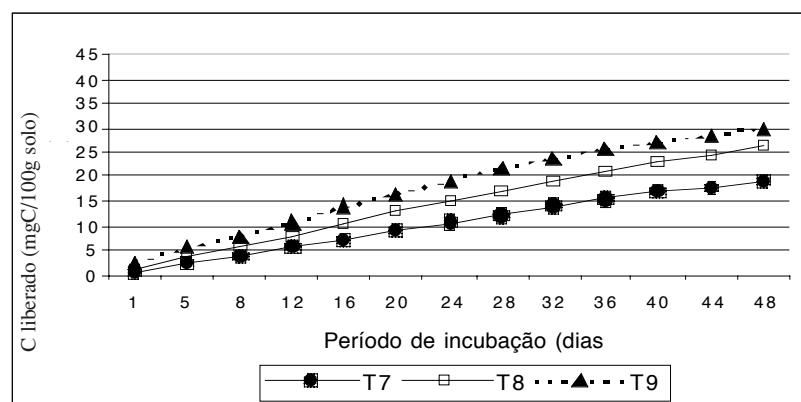
Figure 8 - Accumulative soil respiration with *Pinus elliottii* during 48 days, 3 replications average, T4- *Pinus elliottii* without biosolid; T5 - *Pinus elliottii* with 20 mg ha⁻¹ of biosolid; T6- *Pinus elliottii* with 40 mg ha⁻¹ of biosolid.



A mesma tendência foi observada no solo com *Eucalyptus dunnii* (FIGURA 9), porém a quantidade de mgC 100g solo⁻¹ liberado ao longo do estudo foi inferior ao solo com *Pinus elliottii*.

FIGURA 9 – Respiração acumulativa de solos com *Eucalyptus dunnii* durante 48 dias, média de 3 repetições, T7- *Eucalyptus dunnii* sem tratamento; T8 – *Eucalyptus dunnii* com 20 mg ha⁻¹ de bio-sólido; T9 – *Eucalyptus dunnii* com 40 mg ha⁻¹ de bio-sólido.

Figure 9 - Acculative soil respiration with *Eucalyptus dunnii* during 48 days, 3 replications average, T7- *Eucalyptus dunnii* without biosolid; T8 - *Eucalyptus dunnii* with 20 mg ha⁻¹ of biosolid; T9- *Eucalyptus dunnii* with 40 mg ha⁻¹ of biosolid.



Ao avaliar o efeito da adição de lodo de curtume em solo argiloso e arenoso, Jahnle (1990) apud Lopes (2001) observou acréscimos significativos na liberação de CO₂ em função do aumento da dose aplicada. O autor atribuiu esse fato ao

efeito estimulante da matéria orgânica e de nutrientes aos microrganismos do solo.

Neste estudo os efeitos observados pela adição de bio-sólidos foram mais expressivos nos solos sob *Pinus elliottii* e *Eucalyptus dunnii*. Po-

rém, independentemente da cobertura florestal e da quantidade de bio sólido adicionada, a respiração basal apresentou tendência a se igualar ao tratamento testemunha no final do estudo.

Conclusões

- A respiração basal dos microrganismos dos solos apresentou valores máximos após 12 e 16 dias de incubação com adição de bio sólido de indústria têxtil nos 3 solos estudados.

- O solo com *Pinus elliottii* foi o que mais liberou CO₂ durante o período de incubação (48 dias), liberando 43,88 mgC 100g solo⁻¹ com adição de 40 mg ha⁻¹ de bio sólido seguido de 37,92 mgC 100g solo⁻¹ no solo com FOMM e finalmente 30,20 mgC 100g solo⁻¹ no solo com *Eucalyptus dunnii*.

- Os resultados sugerem que o solo com *Pinus elliottii* foi o que melhor se adaptou à aplicação do bio sólido de indústria têxtil, seguido do solo com FOMM e finalmente o solo com *Eucalyptus dunnii*.

Agradecimentos

Agradeço à Klabin S. A. por ter disponibilizado a área de estudo e alguns equipamentos laboratoriais necessários para a realização dos experimentos. A Companhia Hering pela colaboração e disponibilidade do lodo, e ao Departamento de Engenharia Química – FURB por disponibilizar o espaço laboratorial.

Referências

SANTA CATARINA. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986.

FARIA, L. C. de; RODRIGUEZ, L. C. E. Aplicabilidade do bio sólido em plantações florestais: V. avaliação do potencial de uso do resíduo da ETE de Barueri, SP. In: BETTIOL, W. E.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 209-213.

LAMBAIS, M. R. Poluição orgânica e seu controle. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 91-104.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: 1998. (Embrapa—CNPS. Boletim de Pesquisa, 6) CD-ROM

LOPES, E. **Diversidade metabólica em solo tratado com bio sólidos**. 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

NOLASCO, A. M.; GUERRINI, I. A.; BENEDETTI, V. Uso de resíduos urbanos e industriais como fontes de nutrientes e condicionadores de solos florestais. In: GONÇALVES, J.L.de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 386-414.

OLIVEIRA, C., et al. Solubilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto enriquecido. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 171-181, 2003.

PASSIANOTO, C. C., et al. Atividade e biomassa microbiana no solo com aplicação de dois diferentes lodos de curtume. **R. Bras. De Agrociência**, v. 7, n. 2, p.125-130, 2001.

SIQUEIRA, J. O., et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo**: perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994.

TEDESCO, J. M., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

TSUTYA, M. T. Alternativas de disposição final de bio sólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: BETTIOL, W. E CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p. 69-105.

TUFFI SANTOS, L. D., et al. Exsudação radicular do glyphosate por *Brachiaria decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto e na respiração microbiana do solo. **Planta daninha**, v. 23 n.1, Visçosa, Jan/mar. 2005.

Recebido: 28/05/2005

Aprovado: 30/09/2005