



## Fertilidade e Carbono Orgânico de Subsolo Recuperado com Leguminosas Arbóreas e Lodo de Esgoto

**Rafael Braga de Oliveira<sup>(1)</sup>; Carolina Araújo de Queiroz Costa<sup>(2)</sup>; Laura Vieira Tani<sup>(3)</sup>;  
Rafaela Silva de Oliveira<sup>(4)</sup>; Hamilton Clóvis Miranda de Souza Junior<sup>(5)</sup>; Fabiano de  
Carvalho Balieiro<sup>(6)</sup>; Aluisio Granato de Andrade<sup>(6)</sup>; Guilherme K. Donagema<sup>(6)</sup>; José  
Carlos Polidoro<sup>(6)</sup>; Cláudio Capeche<sup>(6)</sup>**

- (1) Graduando do Curso de Agronomia, Bolsista CNPq, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), BR 465, km 47, Seropédica, RJ, CEP 23890-000, [rafaelbraga.agronomia@gmail.com](mailto:rafaelbraga.agronomia@gmail.com); (2) Graduanda do Curso de Biologia, Bolsista EMBAPA-Solos, Universidade Veiga de Almeida, Rua Paulo Barreto nº 46/402, Botafogo, RJ, [carolbiorj@gmail.com](mailto:carolbiorj@gmail.com); (3) Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental, Bolsista FAPERJ, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rua Lagoa das Garças nº 200/ 2204, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, CEP:22793-400, [lauratani@gmail.com](mailto:lauratani@gmail.com); (4) Graduanda do Curso de Engenharia Florestal, Bolsista EMBAPA-Solos, UFRRJ, BR 465, km 47, Seropédica, RJ, CEP 23890-000, [rafaelaso@hotmail.com](mailto:rafaelaso@hotmail.com); (5) Graduando, Bolsista da Embrapa Solos, Universidade Federal Fluminense (UFF), Campus da Praia Vermelha, Rua Passo da Pátria, 156, São Domingos, Niterói, RJ, CEP: 24210-240, [hcms\\_2@hotmail.com](mailto:hcms_2@hotmail.com); (6) Pesquisador Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ - Brasil - CEP 22460-000, [balieiro@cnps.embrapa.br](mailto:balieiro@cnps.embrapa.br), [aluisio@cnps.embrapa.br](mailto:aluisio@cnps.embrapa.br), [donagema@cnps.embrapa.br](mailto:donagema@cnps.embrapa.br), [polidoroj@gmail.com](mailto:polidoroj@gmail.com), [capeche@cnps.embrapa.br](mailto:capeche@cnps.embrapa.br)

Apoio: EMBRAPA SOLOS, INFRAERO & CNPq.

**RESUMO:** Leguminosas arbóreas têm sido muito utilizadas em programas de recuperação de áreas degradadas, dada a adaptação e crescimento em condições adversas e que se revertem em melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do substrato. Esse estudo objetivou avaliar a fertilidade e o teor de C orgânico da camada superficial de uma área de empréstimo recuperada com duas leguminosas e lodo de esgoto, no Rio de Janeiro. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, sendo os tratamentos a combinação de duas espécies de leguminosas (Sabiá, *Mimosa caesalpiniiifolia* e Maricá, *Mimosa bimucronata*) e cinco doses de lodo de esgoto (0; 2,85; 5,70; 11,4 e 22,80 Mg ha<sup>-1</sup>). Após seis anos de crescimento amostras compostas foram avaliadas quanto ao pH, os teores de Ca, Mg e Al trocável, P e K disponíveis, acidez potencial e carbono orgânico.

**Palavras-chave:** fertilidade, área degradada e lodo de esgoto.

### INTRODUÇÃO

Um ecossistema degradado é aquele que perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios, ou seja, perde sua resiliência. Dependendo da intensidade do distúrbio, fatores essenciais para a manutenção da resiliência como, banco de plântulas, e de sementes no solo, capacidade de rebrota, dentre outros, podem ser perdidos, dificultando o processo de regeneração natural ou tornando-o extremamente lento (Campelo, 1998).

Os processos de degradação podem ser naturais, tais como os decorrentes de alterações climáticas abruptas (tornados, tufões, terremotos, enchentes e outros), erosão, ou mesmo pela invasão natural de plantas ou animais nocivos num determinado ecossistema. Ações antrópicas diretas sobre o terreno ou indiretamente em razão das mudanças climáticas podem acentuar processos de degradação de ecossistemas.

A remoção das camadas superficiais do solo, comuns em atividades de mineração e obras civis, diminui a fertilidade natural, a quantidade de matéria orgânica, e com isso a ação de da microbiota, ocorrendo perdas de natureza química e física muitas vezes impossibilitando o retorno natural da vegetação, ou mesmo, a utilização agrícola.

O lodo de esgoto vem sendo visto como boa opção para a reposição de carbono e nutrientes para solos degradados, já que apresenta altos níveis de carbono orgânico, macro e micronutrientes fundamentais ao desenvolvimento vegetal, agindo como condicionador do solo (Bezerra et al., 2006). Acredita-se que a aplicação desse resíduo pode, em conjunto ao plantio de leguminosas fixadoras de N<sub>2</sub> atmosférico, ter efeito sinérgico sobre a melhoria da qualidade do substrato degradado.

O objetivo do trabalho foi o de avaliar as mudanças na fertilidade de um substrato degradado, revegetado com duas espécies leguminosas e sob efeito da adição de doses crescentes de lodo de esgoto, na Ilha do Governador, Rio de Janeiro.



## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na área denominada Jazida de Itacolomi em área do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Galeão/ Antônio Carlos Jobim. O histórico de uso da área foi detalhado por Bezerra et al. (2003), mas de forma resumida cita-se que o relevo da área foi bastante descaracterizado devido à extração de material terroso, para a construção do Terminal de Passageiros dois do aeroporto, gerando uma área de empréstimo de aproximadamente 3 hectares. Antes da exploração da jazida, a área era coberta por um Latossolo Amarelo, originado de sedimentos argiloarenosos, que se caracterizam por sua baixa fertilidade natural, boa drenagem, boa permeabilidade, sendo muito profundos, com horizonte C ocorrendo em torno de 4 a 5 metros de profundidade. Após a exploração mineral, a superfície original do terreno foi rebaixada em até 10 metros, deixando exposto o horizonte C do solo, causando alterações na rede de drenagem, nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e na biodiversidade local. Encerrada a exploração da jazida, a área passou a ser utilizada como depósito de entulhos e lixo, gerando pilhas de resíduos em vários pontos. Para recuperar esta área degradada foram necessárias medidas de limpeza e sistematização. A Tabela 1 apresenta a fertilidade e a granulometria de amostras retiradas do substrato, anteriormente ao momento de implantação do experimento.

Na segunda quinzena do mês de janeiro de 2001, a Embrapa Solos e a Gerência de Meio Ambiente do aeroporto montaram um estudo da viabilidade da aplicação do lodo de esgoto produzido pela Estação de Tratamento de Esgoto do Aeroporto no processo de revegetação desta área, seguindo delineamento experimental de blocos ao acaso e arranjo fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de espécies vegetais (*Mimosa caesalpiniiifolia*, Sabiá, e *Mimosa bimucronata*, Maricá) e doses de lodo (0, 2,85; 5,70; 11,40 e 22,80 t ha<sup>-1</sup>). As covas foram abertas com dimensões de 0,30 x 0,30 x 0,30 m e espaçamento de 2,0 x 2,0 m, e cada parcela totalizava área de 64 m<sup>2</sup> (16 plantas/parcela). Todos os tratamentos receberam uma complementação com fertilizantes minerais, de 80 g de fosfato de rocha e 30 g de sulfato de potássio, por cova.

A composição química do lodo usado no experimento encontra-se na Tabela 2.

Durante o mês de julho de 2007 foi realizada amostragem da serapilheira e do solo nas parcelas para caracterização química das amostras. Após lançamento aleatório na parcela de uma haste de madeira para localização do ponto de amostragem, buscou-se coletar o material orgânico total depositado sobre o solo (sem distinção quanto às subcamadas H, L e F) com auxílio de uma sonda metálica de 0,25 x 0,25 m. Após retirada do material da superfície foram retiradas amostras do substrato em três mini-trincheiras abertas com auxílio de um enxadão. As amostras foram retiradas com ajuda de um facão e régua. Buscou-se respeitar o volume das amostras de forma que as mesmas entrassem na composição de uma amostra composta, conforme pressupostos de amostragem de solo. As amostras de serapilheira foram enviadas para a estufa (60°C/até peso constante) e após catação de pequenas pedras, foram pesadas. As amostras de solo foram secas ao ar e após peneiração (2 mm), foram enviadas para o Laboratório de Fertilidade e de Física do Solo para caracterização química de rotina conforme Embrapa (1997) somado de C orgânico determinado por digestão úmida (Tabela 3).

A massa seca total de serapilheira, em Mg ha<sup>-1</sup>, foi estimada com base no total estimado para a área da sonda.

Os efeitos das espécies e doses de lodo, bem como as interações desses fatores foram testados pela análise de variância a 5% de probabilidade. Uma vez detectada significância para o fator doses, buscou-se ajustar modelos de regressão que descrevessem o comportamento das variáveis em função das doses. Não foram usados os dados da dose 11,40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo pelo comportamento do crescimento das plantas nessa dose não concordar com a tendência observada para as demais, indicando possível erro na aplicação dessa dose na montagem do experimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies e doses de lodo permitiram entrada acentuada de matéria orgânica ao subsolo melhoraram as características químicas do subsolo, após seis anos de plantio. De um modo geral as doses não afetaram o padrão de estocagem de serrapilheira do maricá, sobre o solo, mas de forma acentuada para o sabiá (2,74Mg.Mg<sup>-1</sup> de lodo). A



figura 1 apresenta o acumulo de serrapilheira com o aumento das doses de lodo.

O pH no solo tendeu a diminuir sob ambas as espécies, sendo esse efeito incrementado com o decorrer do tempo, pois Bezerra et al. (2003), avaliando o mesmo experimento na fase inicial de desenvolvimento das plantas (180 dias) detectou valores maiores desse atributo para as condições testadas, com exceção da dose de 22,8 Mg.ha<sup>-1</sup> para ambas as espécies. Vale destacar que esse efeito (decréscimo do pH) foi ligeiramente maior sob o Sabiá, embora não se tenha observado diferença significativa entre as espécies. Embora as doses de lodo tenham proporcionado alterações significativas no pH, os modelos de regressão testados para cada espécie não permitiram bons ajustes.

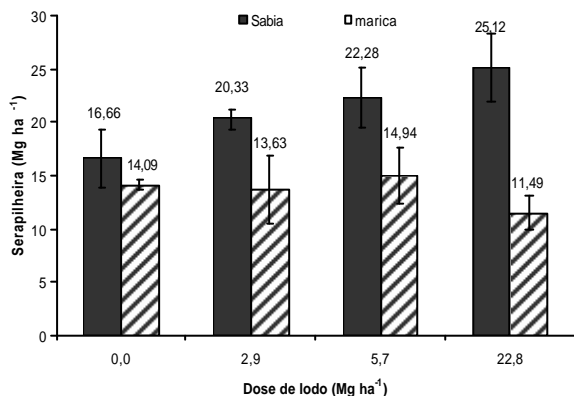


Figura 1 – Massa (Mg ha<sup>-1</sup>) de serrapilheira sobre o substrato e sob as diferentes espécies vegetais e doses (Mg ha<sup>-1</sup>) crescentes de lodo de esgoto

Vale destacar que os teores de C elevaram-se cerca de 300% nas áreas sob sabiá e maricá, quando se compara aos resultados de Bezerra et al. (2003). Esse efeito era esperado tendo em vista a natureza do substrato (subsolo desprovido de matéria orgânica). Embora não significativa, a diferença de 1,5% entre os teores de C orgânico do solo sob sabiá e Maricá evidenciam diferenças nos processos de estabilização da MOS nesses plantios, que podem se relacionar não apenas com a quantidade, como com a qualidade do material depositado sobre o solo (Martens et al., 2000; Sisti et al., 2004; Bochner et al., 2008). Autores demonstraram que a adesão de N fixado biologicamente pode aumentar a estabilização dos teores de C orgânico do solo (Resh et al., 2002; Sisti et al., 2004).

Os teores médios (todas as doses) de Ca e Mg encontrados sob o sabiá (4,14 e 0,83 cmolc.dm<sup>-3</sup>) e maricá (3,88 e 0,83 cmolc.dm<sup>-3</sup>) foram superiores após 6 anos do plantio. Esse fato demonstra que mesmo esses elementos, que tendem a se acumular em tecidos lenhosos, tem sido ciclados de forma eficiente na área.

Para o K, o enriquecimento da camada superficial do substrato foi ainda maior, cerca de 50% superior aquele detectado por Bezerra et al. (2006). É amplamente sabido que o K é o nutriente mais móvel na planta e mais lavado da copa e serrapilheira (Marshner, 1995; Goley, 1998).

O P foi o único atributo do solo que sofreu influência quanto à dose de lodo aplicada, mas os modelos de regressão testados para cada espécie não permitiram bons ajustes.

## CONCLUSÕES

O uso do lodo e o plantio das espécies tiveram efeito positivo sobre os atributos do substrato.

Os aumentos das doses de lodo favoreceram a estocagem de serrapilheira nas parcelas de sabiá, mas não no maricá.

Para ambas as espécies o pH diminuiu com as doses de lodo, sendo mais significativo para o sabiá.

As doses de lodo aumentaram os teores de fósforo no substrato em recuperação.

## REFERÊNCIAS

- BEZERRA, F.B., OLIVEIRA, M.A.C.L. PEREZ, D.V., ANDRADE, A.G., MENEGUELLI, N.A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 41: 469-476, 2006.
- BOCHNER, J.K., FERNANDES, M.M, PEREIRA, M.G., BALIEIRO F.C., SANTANA, I.K.S. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. *Cerne*, 14: 46-53, 2008.
- LAL, R. Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29 (2003) 437– 450, 2003.
- MARTENS, D. A. Plant residues biochemistry regulates soil Carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biological Biochemistry*, Amsterdam, v. 32, p. 361-369, 2000.
- RESH, S. C.; BINKLEY, D.; PARROTA, J. A. Greater soil carbon sequestration under nitrogen-fixing trees compared with *Eucalyptus* species. *Ecosystems*, New York, n. 5, p. 217-231, 2002.



SISTI, C.P.J., SANTOS, H.P., KOHHANN, R., ALVES, B.J.R., URQUIAGA, S., BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Tillage and Research*, 76: 39-58, 2004.

MARSHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, p.116-130, 1995.

GOLLEY, F.R. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta úmida**. São Paulo-SP: EPU/USP, 1978. 256p.

CAMPELLO, E.F.C. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V. (Ed.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p183-196.

**Tabela 1** - Fertilidade e granulometria de amostras retiradas do solo/substrato, anteriormente ao momento de implantação do experimento.

Bloco	Prof. (cm)	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	C g.kg <sup>-1</sup>	N g.kg <sup>-1</sup>	Ca g.kg <sup>-1</sup>	Mg g.kg <sup>-1</sup>	Na mg.kg <sup>-1</sup>	K mg.kg <sup>-1</sup>	Al mg.kg <sup>-1</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	Argila g.kg <sup>-1</sup>	Areia g.kg <sup>-1</sup>	Silte g.kg <sup>-1</sup>
1	(0-10)	7,2	1,7	0,4	701,4	130,3	25,3	46,9	0,0	0,3	260	499	241
2	(0-10)	7,3	2,1	0,2	641,3	90,2	29,9	54,7	0,0	1,1	280	547	173
3	(0-10)	7,9	2,9	1,3	641,3	90,2	11,5	37,2	0,0	3,0	220	590	190

FONTE: Adaptado de BEZERRA et al., 2003.

**Tabela 2** – Composição química do lodo de esgoto utilizado no experimento.

Umidade g.kg <sup>-1</sup>	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	C orgânico g.kg <sup>-1</sup>	N total g.kg <sup>-1</sup>	M.O. g.kg <sup>-1</sup>	Relação C/N	P mg.kg <sup>-1</sup>	K mg.kg <sup>-1</sup>	Mg mg.kg <sup>-1</sup>	Ca mg.kg <sup>-1</sup>	Na mg.kg <sup>-1</sup>
8,2	5,6	224,1	26,7	386,3	8,4	4800	1000	3400	15400	400

Fe mg.kg <sup>-1</sup>	Al mg.kg <sup>-1</sup>	B mg.kg <sup>-1</sup>	Mn mg.kg <sup>-1</sup>	Mo mg.kg <sup>-1</sup>	Cu mg.kg <sup>-1</sup>	Zn mg.kg <sup>-1</sup>	Ni mg.kg <sup>-1</sup>	Cr mg.kg <sup>-1</sup>	Pb mg.kg <sup>-1</sup>	Cd mg.kg <sup>-1</sup>
19200	13100	70	200	8,3	362,7	1543,3	39,2	72,7	185,3	3,1

FONTE: Adaptado de BEZERRA et al., 2003.

**Tabela 3** - Fertilidade de amostras retiradas do solo/substrato, ao termino do experimento.

Dose	Espécie	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	Al cmolc.dm <sup>-3</sup>	Ca cmolc.dm <sup>-3</sup>	Mg cmolc.dm <sup>-3</sup>	Na mg.dm <sup>-3</sup>	K mg.dm <sup>-3</sup>	H + Al cmolc.dm <sup>-3</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>	S cmolc.dm <sup>-3</sup>	T cmolc.dm <sup>-3</sup>	V %	C g/kg
0	Sabiá	7,1	0,0	4,6	0,7	11,5	106,3	0,5	26,6	5,7	6,2	93,3	8,7
	Maricá	7,7	0,0	4,8	0,8	16,3	92,5	0,2	20,7	5,8	6,0	95,8	7,4
	Sabiá	7,6	0,0	4,6	0,8	12,5	107,3	0,0	15,1	5,7	5,7	100	7,7
2,85	Maricá	6,9	0,0	3,7	1,0	12,8	104,3	0,5	9,4	5,0	5,5	88,3	7,0
	Sabiá	6,2	0,1	2,9	0,9	8,0	81,8	1,3	12,8	4,1	5,3	75,5	7,4
5,7	Maricá	6,4	0,0	3,0	0,9	4,8	103,3	0,8	15,3	4,1	4,9	83,0	6,8
	Sabiá	7,2	0,0	4,5	0,9	19,0	95,5	0,3	12,3	5,7	6,1	93,5	6,0
22,8	Maricá	7,4	0,0	4,1	0,8	12,0	93,8	0,2	27,1	5,2	5,4	96,5	8,2