

# Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos<sup>1</sup>

## Growth of eucalyptus seedlings subjected to the application of biosolids

Giovanni de Oliveira Garcia<sup>2\*</sup>, Ivo Zution Gonçalves<sup>3</sup>, João Carlos Madalão<sup>4</sup>, Aline Azevedo Nazário<sup>5</sup> e Edvaldo Fialho dos Reis<sup>6</sup>

**Resumo** - Antes da recomendação em larga escala de biossólido em plantações florestais, é preciso compreender seus efeitos no solo e na planta. Assim, o crescimento de mudas de eucalipto fertilizado com diferentes doses de biossólido doméstico, foi avaliado em um experimento nos meses de julho a outubro de 2007, no Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável. O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5 x 5 (cinco tratamentos e cinco períodos de incubação), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da aplicação de doses de lodo esgoto (0; 25; 50; 75 e 100 ton ha<sup>-1</sup>) e os períodos de incubação foram de 0; 20; 40; 60 e 80 dias. Em cada período de incubação correspondente, foi realizada uma análise de crescimento, onde foi retirada uma planta de cada unidade experimental para determinação da área foliar, massa seca total, razão de área foliar e as taxas de crescimento relativo e absoluto. Considerando-se o caso específico do biossólido caracterizado neste trabalho, a sua aplicação nas quantidades apresentadas aumentou os valores da área foliar, matéria seca total, razão de área foliar e das taxas de crescimento relativo e absoluto das plantas de eucalipto. Por outro lado, os períodos de incubação estabelecidos não proporcionaram alterações nas características avaliadas, exceto para área foliar que teve reflexo positivo aumentando seus valores com o incremento dos dias.

**Palavras-chave** - Biossólidos. Adubação Orgânica. *Eucalyptus grandis*.

**Abstract** - Before the recommendation of use of biosolids in large scale in forest plantations, we must understand their effects in soil and plant. Thus, the growth of eucalyptus seedlings fertilized with different doses of sewage sludge from home was assessed in an experiment from July to October of 2007 in the Studies and Dissemination of Technology in Forest, Water Resources and Sustainable Agriculture Nucleus, in containers of 50 L filled with latossol. The experiment was mounted in a randomized design in a factorial 5 x 5 (five treatments and five incubation periods) with four replications. The treatments consisted on application of doses of sewage sludge (0; 25; 50; 75 and 100 ton ha<sup>-1</sup>) and incubation periods were 0; 20; 40; 60 and 80 days. In each period of incubation was performed an analysis of growth where a plant was removed from each experimental unit for determination of leaf area, total dry weight, ratio of leaf area and growth rates. Considering the specific case of sewage sludge characterized in this work, its application in the quantities used, increased the values of leaf area, total dry matter, leaf area ratio and rates of absolute and relative growth of the plants of eucalyptus. Moreover, the incubation periods set provided no changes in the characteristics evaluated, except for leaf area that increased with the increase of days.

**Key words** - Biosolids. Organic Fertilizer. *Eucalyptus grandis*.

\* Autor para correspondência

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 20/08/2009; aprovado em 20/01/2010

Pesquisa financiada pela Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Estado do Espírito Santo (FAPES)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, Brasil, 29.500-000, giovanni@cca.ufes.br

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias/UFES, Alegre-ES, Brasil, 29.500-000, ivo\_ufes@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias/UFES, Alegre-ES, Brasil, 29.500-000, joaocarlosagr@hotmail.com

<sup>5</sup>Acadêmica do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias/UFES, Alegre-ES, Brasil, 29.500-000, aline.a.n@hotmail.com

<sup>6</sup>Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias/UFES, Alegre-ES, Brasil, 29.500-000, edreis@cca.ufes.br

## Introdução

Os estudos com biofósforo, subproduto gerado nas estações de tratamento de esgotos urbanos, indicam que ele possui nutrientes tais como nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros que são essenciais às plantas, é rico em matéria orgânica, e atua como um condicionador do solo, melhorando sua estrutura. Quando tratado e processado, o lodo recebe o nome de biofósforos e adquire características que permitem sua utilização agrícola de maneira racional e ambientalmente segura (BARBOSA; TAVARES FILHO, 2006).

Como fonte alternativa para a adubação orgânica, o biofósforo vem revelando-se como um importante insumo, de interesse na recuperação de solos degradados, bem como na fertilização das culturas, de preferência aquelas que não são de consumo direto humano. Por não ser uma atividade que envolve produtos para consumo alimentar e pelo fato de poder ser instalado em áreas distantes de núcleos urbanos, com acesso restrito a pessoas e animais, o reflorestamento apresenta grande vantagem em relação às culturas comerciais no tocante ao uso de biofósforo (TSUTIYA, 2001).

Segundo Smith e Carnus (1997) a aceitação da utilização de biofósforo em plantações florestais aumentou nos últimos anos devido aos resultados de pesquisa que viabilizaram o desenvolvimento de uma forte base teórica e prática para sistemas de aplicação ambientalmente aceitáveis, bem como às várias publicações que permitiram a organização do planejamento e do esquema da aplicação.

Por possuírem grande quantidade de carbono orgânico, altas taxas de infiltração no solo, e não estarem diretamente associados à produção de alimentos, os ecossistemas florestais apresenta-se como alternativa potencial para a deposição final do biofósforo oriundo de estações de tratamento de esgoto (ETE) de cidades pequenas e médias (VAZ; GONÇALVES, 2002). Em particular, os povoamentos florestais podem constituir-se em áreas adequadas, não apenas para a produção de madeira visando a atender a enorme demanda da sociedade, mas também para a fixação de CO<sub>2</sub>, e ciclagem dos resíduos orgânicos provenientes dos centros urbanos (POGGIANI; BENEDETTI, 1999).

O biofósforo é amplamente utilizado como fertilizante orgânico em florestas dos Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia (SANTOS et al., 1997). De maneira geral, tanto na América do Norte, quanto na Europa e na Austrália, existem diversas pesquisas com respostas favoráveis das espécies florestais de interesse silvicultural ao uso de biofósforo, principalmente do gênero *Pinus* (KAPOSTS et al., 2000).

Em relação à cultura de eucalipto, no Egito, El-Baha (2001) encontrou efeito positivo do biofósforo sobre o crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*. No Brasil, Guedes e Poggiani (2003) estudaram, em condições de campo, o efeito do biofósforo produzido na estação de tratamento de esgoto (ETE) de Barueri (SP), sobre a ciclagem de nutrientes, e verificaram alterações significativas nos teores de nutrientes nas folhas das árvores de eucalipto que receberam o produto. Do mesmo modo em outro experimento, Vaz e Gonçalves (2002) observaram significativas alterações na fertilidade do solo devido à aplicação do biofósforo. Melo et al. (2001), trabalhando com diferentes biofósforos, em diferentes condições e culturas, também detectaram efeito da aplicação do lodo sobre a fertilidade de solos e nutrição de plantas.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento inicial de mudas de eucalipto cultivadas em vasos com diferentes doses de biofósforo doméstico e diferentes períodos de incubação.

## Material e métodos

Caracterização da área experimental do solo utilizado nos experimentos e do biofósforo

O experimento foi implantado e conduzido nos meses de julho a outubro de 2007, no campo experimental do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC), em recipientes de 50 litros preenchidos com solo.

Depois de retirado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de forma a obter agregados de no máximo cinco milímetros. Uma vez peneirado, foi retirada uma amostra e encaminhada para Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) localizado no NEDTEC para caracterização química (Tabela 1). As análises químicas constituíram-se na determinação dos teores de P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al, matéria orgânica, bem como a soma de bases, saturação por bases e alumínio, CTC total e efetiva, além dos valores do pH (EMBRAPA, 1999).

O biofósforo utilizado nos ensaios foi coletado na estação de tratamento de esgotos (ETE) do Município de Jerônimo Monteiro. Sub-amostras do biofósforo foram acondicionadas em recipientes plásticos e levadas para o LAFARSOL, onde foram determinadas as concentrações de nitrogênio, fósforo e enxofre, por meio de colorimetria; cálcio e magnésio por titulometria, e de potássio e sódio por fotometria de chama; cobre, manganês e zinco por espectrofotometria (RUMP; KRIST, 1992). Antes de ser utilizado no experimento, o biofósforo passou por

**Tabela 1** - Características químicas do solo utilizado no experimento

Característica	Valores
pH	4,11
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,18
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,54
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	1,72
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	7,25
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,68
Alumínio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,46
Carbono Orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	4,06
Sódio (mg dm <sup>-3</sup> )	1,55
Soma de bases (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,76
Capacidade de Troca de Cátions Efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,23
Capacidade de Troca de Cátions Total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,45
Saturação por Bases (%)	54,24
Saturação por Alumínio (%)	5,51

um processo de desinfecção por meio da aplicação e incorporação de cal virgem na proporção de 15% em peso seco de lodo.

#### Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 5×5 (cinco tratamentos e cinco períodos de incubação) com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por aplicações de doses de esgoto doméstico correspondentes a 0; 25; 50; 75 e 100 ton ha<sup>-1</sup> e os períodos de incubação foram de 0; 20; 40; 60 e 80 dias.

Para avaliar a aplicabilidade e o efeito do biossólido na nutrição mineral na cultura do eucalipto, foi utilizada a espécie indicadora *Eucalyptus grandis*, cujas mudas obtidas a partir de sementes foram plantadas manualmente nos recipientes preenchidos com solo e biossólido, após cada período de incubação.

Para determinar os efeitos da aplicação do biossólido sobre o crescimento das mudas de eucalipto, durante os períodos de incubação, foi coletada aleatoriamente uma planta de cada unidade experimental e encaminhada ao laboratório para secagem em estufa a ± 70 °C até alcançar peso constante. Posteriormente foram realizadas determinações de massa seca da parte aérea e da raiz; taxa de crescimento absoluto; taxa de crescimento relativo; área foliar total, útil e morta, razão de área foliar e taxa de assimilação líquida, realizadas conforme metodologia descrita por Benincasa (2003).

As taxas de crescimento absoluto (TCA), crescimento relativo (TCR), e assimilação líquida (TAL), e a razão de área foliar (RAF), foram calculadas empregando as equações:

$$TCA = (MSf - MSi)/t \text{ (g dia}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

$$TCR = (\ln MSf - \ln MSi)/t \text{ (g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

$$TAL = [(MSf - MSi)/t]/[\ln AFf - \ln AFi]/(AFf - AFi) \text{ (g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

$$RAF = AF/MSf \text{ (cm}^2 \text{ g)} \quad (4)$$

em que MSi é massa seca total inicial; MSf é a massa seca total final e t é o intervalo de tempo entre as amostragens (dias).

As áreas foliares inicial (AFi) e final (AFf) foram determinadas em amostras na forma de discos de área conhecida. A área foliar é igual à relação entre o peso total das folhas secas pelo peso dos discos secos multiplicada pela área dos discos (cm<sup>2</sup>).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste “t” adotando-se de até 10%, para o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e no fenômeno em estudo.

## Resultados e discussão

### Caracterização do biossólido da ETE de Jerônimo Monteiro

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes às médias das concentrações de metais pesados determinados nas amostras de biossólido da ETE de Jerônimo Monteiro. Como no Brasil ainda não há padrões para a disposição de lodo no solo, utilizou-se os limites de concentração máxima de metais pesados no lodo para aplicação no solo da EPA (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos, como forma de avaliação da qualidade do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro para aplicação no solo.

Comparando-se as concentrações de metais pesados no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro com os limites de concentração máxima de metal no lodo dos padrões da EPA, observa-se que pode ser considerado como de boa qualidade, podendo ser utilizado na agricultura. Como já comentado, tal utilização é de interesse por contribuir para a minimização da disposição irregular de lodo no ambiente, para a reciclagem de nutrientes, para a redução do uso de fertilizantes minerais e também por fornecer matéria orgânica para o condicionamento físico do solo.

Na mesma tabela pode-se observar que a EPA além de estipular as concentrações máximas de metal pesado no lodo para a disposição no solo faz referências também às quantidades máximas a serem aplicadas por ano e às acumuladas no solo. Dessa maneira considera que a utilização de resíduos urbanos na agricultura deve prever um monitoramento constante para evitar a contaminação tanto do solo como do aquífero, principalmente quando o material contiver teores de um ou mais elementos tóxicos próximos aos limites máximos.

Considerando-se os teores de macronutrientes, na Tabela 3 encontram-se os resultados da composição do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro e a composição de alguns materiais orgânicos utilizados como adubo (esterco bovino, esterco de galinha, vinhaça e composto de lixo).

Em geral, os lodos de esgoto são desbalanceados quanto aos teores de nutrientes, necessitando muitas vezes de uma suplementação na adubação com fontes minerais. São geralmente pobres em potássio, devido ao processo de obtenção, que perde esse nutriente em solução no esgoto tratado. Tal fato pode ser observado na Tabela 3, que mostra que a concentração de K no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro é inferior aos teores dos demais materiais orgânicos apresentados. Já o fósforo apresenta-se com

**Tabela 2** - Resultados das concentrações de metais pesados determinados no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro e os limites de metais pesados para disposição no solo, da EPA

Descrição	Metal Pesado		
	Cu	Mn	Zn
Lodo da ETE Jerônimo Monteiro (mg kg <sup>-1</sup> )	169,7	41,75	171,2
Concentração máxima no lodo <sup>1</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	1.500,0	-	2.800,0
Taxa máxima de aplicação anual <sup>1</sup> (kg hab <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	75,0	-	140,0
Taxa máxima de aplicação acumulada <sup>1</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )	1.500,0	-	2.800,0

<sup>1</sup>Limites da EPA (Environmental Protection Agency)

**Tabela 3** - Teores de macronutrientes contituíntes do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro; esterco bovino, esterco de galinha; vinhaça e composto de lixo urbano

Materiais Orgânicos	Elemento					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	% em peso seco					
Lodo da ETE de Jerônimo Monteiro	2,17	0,5	0,6	17,13	1,88	1,54
Esterco bovino <sup>1</sup>	1,50	1,20	0,70	2,0	0,60	0,20
Esterco de galinha <sup>1</sup>	1,40	0,80	2,10	2,30	0,50	0,20
Vinhaça <sup>1</sup>	0,06	0,01	0,30	0,10	0,04	0,05
Composto de lixo urbano <sup>1</sup>	0,60	0,20	0,30	1,10	0,10	0,20

<sup>1</sup>Teores médios de macronutrientes de diferentes substratos Kiehl (1985)

teores elevados próximos aos dos esterco bovino e de galinha e bem superior aos teores da vinhaça e do composto de lixo, confirmando a informação de que nos lodos de esgotos sanitários, o P apresenta-se em teor elevado podendo 80% deste, estar disponível desde o primeiro ano de aplicação. Os nutrientes Ca, Mg, e S apresentam-se em teores superiores a todos os materiais orgânicos da Tabela 2. De modo geral no Brasil, os lodos são estocados em tanques, dispostos em aterros e em alguns casos, dispostos em áreas próximas dos locais de geração, levando à necessidade da avaliação das alternativas de disposição de lodos no ambiente. Considerando-se o caso específico do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro, caracterizado no presente trabalho, estudos da disposição no solo deveriam ser realizados nas áreas agrícolas próximas à estação, tendo em vista que o transporte a longas distâncias pode inviabilizar a utilização.

#### Efeito das doses de biossólido aplicado e dos períodos de incubação sobre o crescimento das mudas de eucalipto

Os resultados da análise estatística apontaram que a interação dos fatores estudados no experimento (Dose × Período) foi não significativa, ou seja, os fatores estudados atuam de forma independente. Dessa forma, na Figura 1 estão apresentados os resultados das características de crescimento estudadas, em função as doses aplicadas e dos períodos de incubação. Por outro lado, na Tabela 4, encontram-se as equações ajustadas, relacionando as características de crescimento em função das doses de biossólido doméstico e dos períodos de incubação.

A área foliar (Figura 1A), a massa seca total (Figura 1C) e a razão de área foliar (Figura 1E) das

plantas de eucalipto aumentaram, apresentando modelo tipo quadrático em função das doses do lodo aplicadas, atingindo valor máximo próximo à dose aplicada de 75 ton ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, as taxas de crescimento relativo (Figura 1G) e absoluto (Figura 1I), diminuíram em função do aumento das doses de biossólido aplicadas, apresentando, respectivamente, modelo do tipo quadrático.

Analisando os períodos de incubação observou-se que a área foliar (Figura 1B) aumentou linearmente, enquanto que a massa seca total (Figura 1D), razão de área foliar (Figura 1F) e as taxas de crescimento relativo (Figura 1H) e absoluto (Figura 1J) não sofreram alterações significativas ficando, respectivamente, os resultados próximos aos valores de 29,69 (g); 37,58 (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>); 0,0009 (g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) e 0,26 (g d<sup>-1</sup>) (Tabela 4). Tais resultados são decorrentes do curto período de incubação proporcionando menor liberação de nutrientes incorporados ao biossólido sob forma orgânica, resultando em baixa absorção e assimilação refletindo nos resultados acima citados.

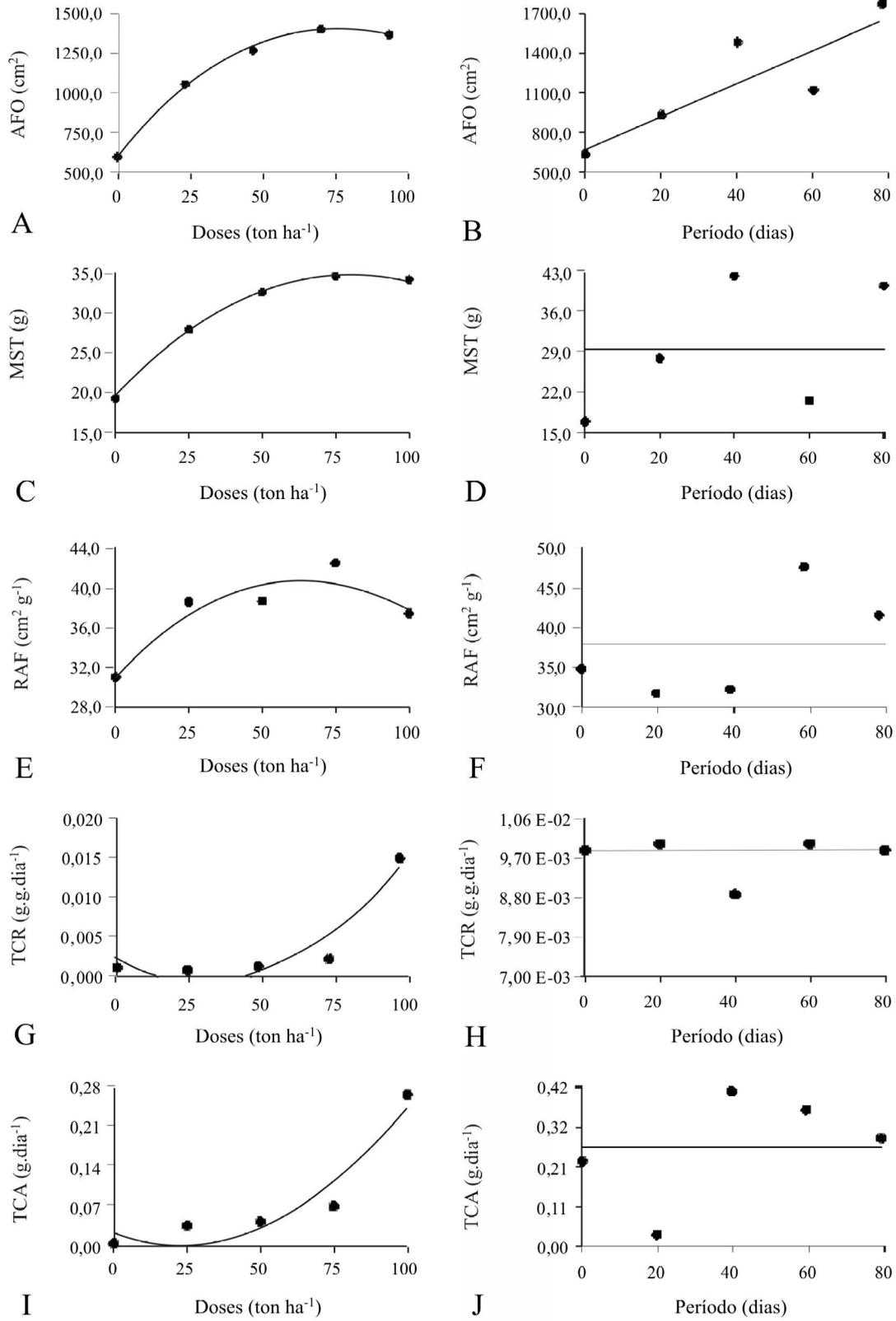
O aumento da área foliar está relacionado à incorporação de matéria orgânica no solo e conseqüentemente maior disponibilidade de água e nutrientes decorrentes da própria composição do biossólido (Tabela 3). A influência positiva da aplicação de doses crescentes de biossólido em mudas de eucalipto também foi observada por Freire et al. (2006) que constataram que a incorporação de doses do biossólido no solo aumentaram a altura, diâmetro do coleto, área foliar, número de folhas e biomassa seca aérea de mudas de *E. citriodora*, conduzidas em vasos.

O aumento da massa seca total das plantas de eucalipto (Figura 1C), em função das doses do lodo aplicadas é o reflexo da melhoria das condições de crescimento em função das mesmas razões

**Tabela 4** - Equações ajustadas relacionando os fatores de crescimento da planta em função das doses e dos períodos de incubação de biossólido doméstico

Descrição	Efeito	Curva de resposta	R <sup>2</sup>
AFO	Dose	$\hat{y} = 606,18 + 19,623^{**}DOS - 0,1208^{**}DOS^2$	0,9969
	Período	$\hat{y} = 685,8 + 11,214^{**}DIAS$	0,7511
MST	Dose	$\hat{y} = 19,369 + 0,3846^{**}DOS - 0,0024^{**}DOS^2$	0,9987
	Período	$\hat{y} = 29,69 \pm 13,05$	-
RAF	Dose	$\hat{y} = 31,175 + 0,3116^{**}DOS - 0,0024^{**}DOS^2$	0,881
	Período	$\hat{y} = 37,58 \pm 11,55$	-
TCR	Dose	$\hat{y} = 0,0021 - 0,0001^{**}DOS + 3E-06^{**}DOS^2$	0,9041
	Período	$\hat{y} = 0,0009 \pm 0,0005$	-
TCA	Dose	$\hat{y} = 0,0221 - 0,0001^{**}DOS + 4E-05^{**}DOS^2$	0,9018
	Período	$\hat{y} = 0,26 \pm 0,19$	-

\*\* - significativo a 1% de probabilidade



**Figura 1** - Área foliar (A e B), massa seca total (C e D), razão de área foliar (E e F), taxa de crescimento relativo (G e H) e taxa de crescimento absoluto (I e J), respectivamente, em função das doses de biossólido aplicadas e dos períodos de incubação

apresentadas para a área foliar. Dessa forma, com uma maior área foliar, conseqüentemente, maior será a área fotossinteticamente ativa das plantas e por sua vez a assimilação de substâncias fotosintetizadas.

O aumento dos valores de razão de área foliar (Figura 1E) em decorrência do incremento das doses de biofósforo até próximo à dose de 75 ton ha<sup>-1</sup> reflete em maiores ganhos de área foliar comparativamente ao de massa seca total. Por outro lado a partir dessa dose aplicada, a situação se inverte, ou seja, o ganho de massa seca torna-se maior comparativamente ao de área foliar.

A razão de área foliar expressa uma área foliar útil para a fotossíntese, nesse sentido, com o crescimento das plantas retratado pelos valores da área foliar e matéria seca total (Figuras 1A e 1C, respectivamente), a razão de área foliar tende a atingir um valor máximo decaindo a partir desse ponto, o que é perfeitamente compreensivo, pois com o crescimento, aumenta a interferência de folhas superiores sobre as folhas inferiores, provocando um auto-sombreamento e a tendência é a área foliar útil diminuir (Figura 1A).

O aumento do impulso e da velocidade do crescimento em função do aumento das doses de biofósforo retratados, respectivamente, nos valores das taxas de crescimento relativo (Figura 1G) e absoluto é decorrente do aumento dos valores da taxa de fotossíntese líquida e da área foliar útil (razão de área foliar) das plantas de eucalipto.

Rocha et al. (2004) estudando as mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis*, fertilizado com biofósforo, observaram que a produtividade de biomassa seca de madeira aumentou nos tratamentos que receberam biofósforo em relação aos tratamentos que receberam apenas adubação mineral. Campos e Alves (2008) estudando o crescimento de plantas de eucalipto decorrentes do uso de biofósforo na reestruturação de solo degradado observaram que os tratamentos com a utilização do lodo, que influenciaram as propriedades físicas do solo promoveram maior crescimento das plantas de eucalipto. Cunha et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. verificaram que o substrato composto de biofósforo em sua totalidade, proporcionou maior desenvolvimento às mudas de *A. mangium* e *A. auriculiformis* retratadas no acúmulo de massa seca na parte aérea e nas raízes.

Semelhantemente, Vaz e Gonçalves (2002) observaram que o crescimento inicial em um povoamento de eucalipto, fertilizado com biofósforo aos vinte e quatro meses de idade, a aplicação de 10 ton ha<sup>-1</sup> de biofósforo, com

ou sem suplementação de potássio, resultou num crescimento semelhante ao obtido com a fertilização mineral.

Soares et al. (2007) avaliando o crescimento inicial de eucalipto em um solo degradado e outro não degradado, fertilizados com biofósforo observaram que a aplicação do biofósforo aumentou as taxas de crescimento do *E. grandis*, aos sete meses pós aplicação, nas duas condições de solo e aos doze e aos vinte e dois meses nos tratamentos em solo degradado.

Trigueiro e Guerrini (2003) avaliando a viabilidade do uso de biofósforos como componente para o substrato para produção de mudas de eucalipto observaram que a utilização de 50% de biofósforo na composição do substrato promoveu um crescimento das mudas semelhante ao tratamento com substrato comercial.

Com os dados obtidos neste trabalho, sugere-se o uso do biofósforo da ETE de Jerônimo Monteiro no plantio comercial de espécies florestais. Na elaboração do cálculo das doses a serem aplicadas, as concentrações de metais pesados, principalmente o cobre e o zinco deverão ser consideradas, a fim de se evitar impactos negativos para solo, águas subterrâneas e plantas pela sua aplicação continuada no solo.

## Conclusões

1. O aumento das doses de biofósforo proporcionou o aumento da área foliar, massa seca total, razão de área foliar e das taxas de crescimento relativo e absoluto das plantas de eucalipto;
2. O período de incubação estabelecido não proporcionou nenhuma alteração nas características avaliadas, exceto para área foliar que teve reflexo positivo aumentando seus valores com o incremento dos dias.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPES (Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Estado do Espírito Santo) pelo apoio financeiro concedido.

## Referências

- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Uso agrícola do biofósforo: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 04, p. 565-580, 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.

- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 04, p. 1389-1397, 2008.
- CUNHA, A. M. *et al.* Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v. 30, n. 02, p. 207-214, 2006.
- EL-BAHAA, M. Growth response of *Eucalyptus camaldulensis* as affected by thinning and sewage sludge or inorganic fertilizer on a poor quality site. **Alexandria Journal Agriculture Research**, v. 46, n. 01, p. 269-295, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 212 p.
- FREIER, M.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeitos da aplicação de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 05, n. 02, p. 102-107, 2006.
- GUEDES, M. C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Scientia Forestalis**, n. 63, p. 188-201, 2003.
- KAPOSTS, V.; KARINS, Z.; LAZDINS, A. Use of sewage sludge in forest cultivation. **Baltic Forest**, v. 06, p. 24-28, 2000.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica "Ceres", 1985.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo (289-363). *In*: TSUTIYA, M. T. *et al.* (Ed.) **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 289-292.
- POGGIANI, F.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade do biossólido urbano em plantações de eucaliptos. **Silvicultura**, v. 80, p. 48-51, 1999.
- ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 04, p. 623-639, 2004.
- RUMP, H. H.; KRIST, H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water, and soil**. Weinheim: VCH, 1992. 190 p.
- SANTOS, H. F.; GUIMARÃES, M. O.; GIUSTI, E. A. Uso do lodo de ETes em reflorestamentos. *In*: ENCONTRO TÉCNICO DA ASSOCIAÇÃO DE ENGENHEIROS DA SABESP. 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1997. p. 1-23.
- SMITH, C. T.; CARNUS, J. M. Biosolids - planning and design. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF RESIDUALS AS SOIL AMENDMENTS IN FOREST ECOSYSTEMS. Seattle. **Proceedings...** Seattle: University of Washington, 1997. p. 45-52.
- SOARES, M. T. S. *et al.* Crescimento inicial de eucalipto em um solo degradado e outro não degradado, fertilizados com biossólido. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007. Gramado. **Resumos...** Gramado: SBCE, 2007. 1 CD-ROM.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 150-162, 2003.
- TSUTIYA, M. T. Alternativas de disposição final de biossólido. *In*: TSUTIYA, M. T. *et al.* (Ed.) **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. 133-180.
- VAZ, L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Crescimento inicial e fertilidade do solo em um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Sitientibus**, n. 26, p. 151-174, 2002.