

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS-CAMPUS SÃO JOÃO
EVANGELISTA
JOÃO PAULO GONÇALVES

PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO COM LODO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG

São João Evangelista

2019

JOÃO PAULO GONÇALVES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO COM LODO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Minas Gerais – Campus São João
Evangelista como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dra. Grazielle Wolff
de Almeida Carvalho

São João Evangelista

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

G635p Gonçalves, João Paulo.
2019

Produção de mudas de eucalipto com lodo da Estação de Tratamento de Água do SAAE de Guanhães - MG. / João Paulo Gonçalves. – 2019.
44 fl; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2019.

Orientadora: Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

1. Mudas. 2. Eucalipto. 3. LETA. I. Gonçalves, João Paulo. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 634.97342

JOÃO PAULO GONÇALVES

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO COM LODO DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA DO SAAE DE GUANHÃES - MG**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Instituto Federal de
Minas Gerais – Campus São João
Evangelista como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovado em: 04. / 12. / 2019

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho
Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG



Prof. Dr. Giuslan Carvalho Pereira
Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG



Prof. Dr. João Paulo Lemos
Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter permitido que eu completasse mais essa fase na minha vida.

À minha mãe, Benedita Maria Gonçalves (*in memoriam*), que mesmo com suas limitações deu-me a educação que tenho hoje dá qual tenho muito orgulho.

Aos meus irmãos Jefferson Gonçalves Romeiro e Jessica Gonçalves Romeiro, que suportaram comigo nossa grande perda.

À minha amiga Mary, a qual adotei como mãe e por quem tenho muita consideração.

À todos os professores do Campus, em especial a minha orientadora, professora Dra. Grazielle Wolff de Almeida.

À toda a equipe do Campus, em especial a Kely Meiry Damasceno, assistente social que nunca mediu esforços para me ajudar, sendo que em várias vezes fazia muito mais que sua obrigação, sou extremamente grato a ela e sei que se hoje eu estou completando mais essa fase é graças a ela.

À minha namorada Daniele Silva Carmo, por sempre está do meu lado e abrir os meus olhos quando era necessário.

Às minhas amigas Amanda e Tamires que tiveram grande contribuição da realização desse trabalho.

A todos os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

No processo de tratamento da água para obtenção de água potável há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e aplicação de produtos químicos, esses resíduos são conhecidos como Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA) e possuem potencial poluidor. Objetivou-se com o presente trabalho testar a utilização do LETA gerado no SAAE de Guanhães-MG como substrato na produção de mudas *Eucalyptus urograndis*. A pesquisa foi realizada no viveiro de mudas IFMG Campus São João Evangelista. O experimento foi constituído de uma espécie com seis tratamentos e 10 repetições, totalizando uma população de 60 unidades, para análise dos parâmetros morfológicos. Para a análise de nutrientes nas folhas, o universo amostral contou com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando uma população de 24 unidades. Todo o experimento foi realizado em casa de vegetação, onde esse foi conduzido em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os tratamentos foram T1: 100% substrato comercial (testemunha); T2: 80% substrato comercial + 20% lodo; T3: 60% substrato comercial + 40% lodo; T4: 40% substrato comercial + 60% lodo; T5: 20% substrato comercial + 80% lodo; T6: 100% lodo. Após 120 dias foram avaliados clorofila, volume de raízes, matéria seca da parte aérea, matéria seca da raiz, relação da matéria seca da parte aérea com matéria seca da raiz, diâmetro do coleto, área foliar e concentração de nutrientes nas folhas. Para as variáveis que não apresentaram significância para a regressão, foi realizado a comparação de médias pelo Teste de Scott-Knott a 5%. Foi observado efeito significativo para o parâmetro de clorofila ($p < 0,05$), como esses dados não apresentarem significância quando submetidos à análise de regressão linear e quadrática foi realizado o Teste de Scott knott para a comparação das médias dos tratamentos, mostrando que os tratamentos ET1, ET6 e ET3 não diferem entre si. A concentração dos nutrientes nas folhas foi significativa para regressão linear e/ou quadrática. A razão entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz não foi significativa. Os resultados demonstraram que não é viável a produção de mudas de eucalipto com leta, uma vez que esse possui altas concentrações de nutrientes que absorvido em excesso pelas mudas, causam repostas negativas na absorção de outros nutrientes e em parâmetros morfológicos importantes para o desenvolvimento das mudas de eucalipto, não descartando a possibilidade de sua utilização para a produção de mudas de reflorestamento.

Palavras-chave: Mudas, Eucalipto, LETA.

ABSTRACT

In the water treatment process to obtain drinking water there is waste generation due to the presence of impurities in the raw water and chemical application, these residues are known as Water Treatment Plant Sludge (LETA) and have polluting potential. The objective of this study was to test the use of LETA generated in SAAE Guanhães-MG as substrate in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. The research was conducted at the IFMG Campus São João Evangelista seedling nursery. The experiment consisted of a species with six treatments and 10 repetitions, totaling a population of 60 units for analysis of morphological parameters. For the nutrient analysis in the leaves, the sample universe had 6 treatments and 4 repetitions, totaling a population of 24 units. The entire experiment was carried out in a greenhouse, where it was conducted in a completely randomized design (DIC). The treatments were T1: 100% commercial substrate (control); T2: 80% commercial substrate + 20% sludge; T3: 60% commercial substrate + 40% sludge; T4: 40% commercial substrate + 60% sludge; T5: 20% commercial substrate + 80% sludge; T6: 100% sludge. After 120 days, chlorophyll, root volume, shoot dry matter, root dry matter, ratio of shoot dry matter to root dry matter, stem diameter, leaf area and leaf nutrient concentration were evaluated. For the variables that were not significant for regression, the means were compared by the Scott-Knott 5% test. A significant effect was observed for the chlorophyll parameter ($p < 0.05$), as these data were not significant when submitted to linear and quadratic regression analysis. The Scott knott test was performed to compare the means of the treatments, showing that ET1, ET6 and ET3 treatments do not differ from each other. Leaf nutrient concentration was significant for linear and / or quadratic regression. The ratio between shoot dry matter and root dry matter was not significant. The results showed that it is not feasible to produce eucalyptus seedlings with leta, since it has high nutrient concentrations that absorbed in excess by the seedlings, cause negative responses in the absorption of other nutrients and important morphological parameters for seedling development. eucalyptus, not excluding the possibility of its use for the production of reforestation seedlings.

Keywords: Seedlings, Eucalyptus, LETA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Concentração de Fósforo nas folhas, em função das concentrações de LETA	20
Figura 2- Concentração de Potássio nas folhas, em função das concentrações de LETA	21
Figura 3- Concentração de Cálcio nas folhas, em função das concentrações de LETA	21
Figura 4- Concentração de Magnésio nas folhas, em função das concentrações de LETA	22
Figura 5- Concentração de Cobre nas folhas, em função das concentrações de LETA	24
Figura 6- Concentração de Manganês nas folhas, em função das concentrações de LETA	25
Figura 7- Concentração de alumínio nas folhas, em função das concentrações de LETA.....	26
Figura 8- Matéria Seca da Raiz (MSR) em função das concentrações de lodo no substrato ...	27
Figura 9- Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) em função das concentrações de lodo no substrato.....	29
Figura 10- Médias não transformadas da área foliar	30
Figura 11- Médias não transformadas do diâmetro do coleto	32
Figura 12- Médias não transformadas da clorofila.....	33
Figura 13- Volume Radicular (VR) em função das concentrações de lodo no substrato.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo da variância para a regressão dos nutrientes encontrados nas folhas	19
Tabela 2- Resumo da análise de variância para a concentração de zinco nas folhas	23
Tabela 3- Média da concentração de zinco nas folhas	23
Tabela 4- Resumo da análise de variância para a Matéria Seca da Raiz (MSR), para estudo de regressão.	27
Tabela 5- Resumo da análise de variância para a Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), para estudo de regressão	28
Tabela 6- Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), para estudo de regressão..	30
Tabela 8- Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto para estudo de regressão	31
Tabela 10- Resumo da análise de variância da clorofila	32
Tabela 12- Resumo da análise de variância da relação MSPA/MSR.....	34
Tabela 13- Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto para estudo de regressão	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
1.1.1	Estação de Tratamento de Água (ETA) e produção de Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA).....	11
1.1.2	Produção de Eucalyptus	13
1.1.3	Utilização do LETA no setor agrícola	14
2	OBJETIVOS	14
2.1	GERAL.....	14
2.2	ESPECÍFICOS	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1	LOCAL DE IMPLANTAÇÃO	15
3.2	AQUISIÇÃO DO LETA E MATERIAL VEGETAL	16
3.3	MONTAGEM DO EXPERIMENTO	16
3.4	ANÁLISES BIOMÉTRICAS	17
3.5	ANÁLISES QUÍMICAS	18
3.6	ESTATÍSTICA.....	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1	NUTRIENTES NAS FOLHAS.....	19
4.2	MATÉRIA SECA DA RAIZ (MSR)	26
4.3	MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA).....	28
4.4	ÁREA FOLIAR (AF).....	29
4.5	DIÂMETRO DO COLETO (DC)	30
4.6	CLOROFILA.....	32
4.7	RELAÇÃO ENTRE PESO DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA/PESO DA MATÉRIA SECA DA RAÍZ (MSPA/MSR)	34
4.8	VOLUME RADICULAR (VR)	35
5	CONCLUSÃO	36

5.1	SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS	36
	REFERÊNCIAS	37
	ANEXOS	44

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso renovável, porém a mesma, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997) é um bem finito e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997). Isso se dá baseado na escassez de água potável que o mundo vem enfrentado.

A cada ano que passa, verifica-se a deterioração dos recursos hídricos por lançamento de efluentes industriais, domésticos ou agrários. E quanto mais poluída, mais difícil e caro é o tratamento da água, às vezes esse processo chega a ser inviável (VON SPERLING, 2014).

No próprio processo de tratamento da água para obtenção de água potável há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e aplicação de produtos químicos. Esses resíduos são conhecidos como Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA), e apresenta características e propriedades diversas, geralmente desconhecidas, dificultando seu descarte ou reaproveitamento (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

No Brasil, a maior parte das Estações de Tratamento de Água (ETAs) lançam seus resíduos sem nenhuma forma de tratamento, diretamente no corpo d'água mais próximo à estação, ocasionando assoreamento e deterioração da qualidade da água dos rios e lagos (ANDRADE et al., 2014). O lançamento desse lodo em corpos d'água ou aterros, sem devido tratamento, é considerado crime ambiental devido aos efeitos nocivos causados ao ambiente segundo a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998). Esta lei ainda estabelece reclusões ou multas para as empresas que manejam esse resíduo de forma errada.

A procura por soluções para minimizar os impactos e viabilizar a disposição adequada dos resíduos da ETA, levou ao desenvolvimento de várias tecnologias. No entanto, a escolha da melhor tecnologia depende das características qualitativa e quantitativa do lodo e das condições climáticas (FONTANA, 2004).

A quantidade e qualidade dos resíduos produzidos numa ETA dependem de vários fatores, destacando a qualidade da água bruta, a tecnologia do tratamento, as características da coagulação e os métodos de limpeza de decantadores e filtros (DI BERNARDO; DANTAS, 2005). Sendo assim, a finalidade do LETA de uma ETA, nem sempre, pode ser replicada, pois cada ETA tem sua particularidade e o lodo precisa ser estudado para ser melhor tratado e destinado (FONTANA, 2004).

Para atender as legislações ambientais, com objetivo de causar menores impactos, se faz necessário desenvolver tecnologias para o tratamento e disposição do LETA (ANDRADE et al., 2014).

O Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Guanhães - MG (SAAE) possui uma Unidade de Tratamento de Resíduos (UTR), onde, após processos de decantação e filtração da água bruta na Estação de Tratamento de Água (ETA), há produção de resíduos sólidos. Devido à falta de pesquisas e orientações corretas para o descarte desse material, o mesmo vem se acumulando na UTR do SAAE de Guanhães, tornando-se um entrave para a empresa em questão, gerando com isso gasto na sua armazenagem.

Estudos realizados por Padilha (2007) na ETA da Fazenda Rio Grande-PR, gerenciada pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, que possui sistema de tratamento de água convencional, como o SAAE de Guanhães, constatou através de análises laboratoriais do lodo, a presença de minerais, que na produção agrícola são considerados macro e micronutrientes.

Por ser uma empresa de baixo capital, o SAAE-Guanhães não possui recursos para o investimento em tecnologias caras, como tentativa de auxiliar a autarquia com a destinação de seu resíduo, e baseado nos resultados satisfatórios encontrados por Padilha et al. (2007), o objetivo deste trabalho foi utilizar o LETA do SAAE Guanhães na produção de mudas de *Eucalyptus urograndis*, espécie de grande interesse econômico na região.

Diversos trabalhos, relataram o alumínio presente no LETA, como fator limitante para utilização desse no setor agrícola, sendo assim reforçando ainda mais a ideia da utilização do eucalipto, pois ele apresenta uma maior tolerância ao Al^{3+} disponível no solo quando comparado com outras culturas.

1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1 Estação de Tratamento de Água (ETA) e produção de Lodos de Estação de Tratamento de Água (LETA)

No Brasil existem cerca de 7.500 Estações de Tratamento de Água (ETA's) projetadas, em sua grande maioria, com ciclo completo, que inclui coagulação, floculação, decantação e filtração. No processo de tratamento da água há geração de resíduos devido à presença de impurezas na água bruta e aplicação de produtos químicos (ACHON et al., 2013). Esses

resíduos geram um lodo (LETA), que segundo NBR 10.004 (2004) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são classificados como resíduos sólidos, pertencentes a classe II – não inerte não sendo permitido seu lançamento *in natura* em águas superficiais.

Devido poucos estudos sobre o tema no Brasil, consequentemente, as soluções para a adequada gestão deste resíduo raramente são adotadas em ETA's em funcionamento, fazendo assim com que a maioria das ETA's descarte esse material de forma imprópria (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

O tratamento químico requerido para a remoção de partículas de solo derivadas do processo erosivo nos mananciais que antecedem as ETA's obriga a uma disposição correta do lodo gerado para não impactar, negativamente, o meio ambiente, já que os mesmos podem apresentar, entre outros elementos constituintes dos lodos, alguns metais como Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Cr, Mn e, em especial o Al, que devem ser considerados não só durante as operações da estação, bem como para a destinação correta do lodo gerado nestes processos (HOPPEN et al, 2005 e RICHTER, 2001).

Segundo o Ministério Público do Estado de Minas Gerais (2009), no Estado em questão foram coletadas informações de 175 municípios, mostrando que 87% das ETA's dos municípios mineiros avaliados lançam o lodo em corpos d'água sem tratamento, 6% não informaram, 3% possuem unidades de tratamento de resíduos (UTR), 2% lançam na rede pluvial, 1% em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e 1% no solo.

Grandes pesquisadores da área relatam que a indústria da construção civil é a maior responsável por pesquisas que visam a destinação correta do LETA com o aproveitamento e beneficiamento desse em indústrias cimenteiras, produção de cerâmicas e produção de asfaltos (ACHON et al., 2008; ANDRADE et al., 2014; AHMAD et al., 2016). Na década de 2000, avançaram as pesquisas que visavam a utilização do LETA como adubo uma vez que esse possui elevados teores de macronutrientes, como cálcio e magnésio (TEIXEIRA et al, 2005).

No LETA podem ser encontrados macro e micronutrientes que são importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas, com isso, o mesmo pode ser usado como fertilizante, aplicando-o nos solos, contanto que a concentração do alumínio não ultrapasse 25% (AHMAD et al., 2016). O uso de LETA no solo pode melhorar a retenção de água (FIGUEIREDO NETO, 2004; SABAGG, 2004), porém, segundo Portella et al. (2003), o teor de alumínio presente no lodo é considerado como fator limitante à sua utilização na agricultura.

REALI (1999) cita que a aplicação de resíduos de lodo de ETA ao solo pode ser uma alternativa possível de ser adotada nos casos em que se comprove a não existência de impactos negativos ao solo receptor destes resíduos, principalmente pela presença de alumínio que pode indisponibilizar o fósforo presente no solo às plantas.

1.1.2 Produção de Eucalipto

O consumo, cada vez maior, de produtos derivados da madeira faz com que haja uma crescente pressão sobre as florestas nativas. O corte dessas florestas tem sido feito sem critérios técnicos, pondo em risco de extinção várias espécies vegetais de grande valor. Por isso a implantação de florestas plantadas constitui alternativa viável para a redução da pressão exercida sobre florestas nativas (PAIVA et al., 2011).

Em 2010, existia no Brasil 4.258.704 ha de florestas plantadas com eucalipto, sendo a maior produção registrada no estado de Minas Gerais que contribuía com 29% da produção nacional, seguido de São Paulo (22%), Bahia (14%), Rio Grande do Sul (7%), Mato Grosso do Sul (6%) e Espírito Santo (5%) (ABRAF, 2010).

Estudos realizados por Vieira et al. (2006), mostra que Minas Gerais tem relevante papel do setor florestal brasileiro, apresentando produção bruta, em 2003, no valor de R\$ 1.275,3 milhões. Os resultados mostraram o quanto o setor florestal é importante para o desenvolvimento social e econômico do Estado, gerando aproximadamente 1,3 milhão de empregos diretos e indiretos e contribuindo significativamente para as exportações do setor florestal mineiro.

A região do Vale do Rio Doce utiliza muito dessa cultura, sendo que existem empresas e viveiros especializados na região para a produção de mudas. A mesma gera inúmeros empregos, sejam eles de formas diretas ou indiretas, ressaltando mais uma vez a importância da cultura para a região. Em 2010 a microrregião de Guanhães e Peçanha foi responsável pela produção de 1.523.357,00 m³ de madeira em tora de eucalipto para abastecimento da indústria de celulose mineira, o que representou cerca de 40% de toda madeira produzida para esta finalidade na mesorregião do vale do Rio Doce. Ainda, essa microrregião produziu 55,4% de um total de 11.063 toneladas de carvão vegetal originário de plantios florestais (IBGE, 2010).

1.1.3 Utilização do LETA no setor agrícola

Rocha et al. (2015) avaliaram o uso de LETA na composição de substrato para produção de mudas de *E. urograndis* e verificaram um incremento na produção quando o lodo compunha até 50% do substrato, dando finalidade adequada ao resíduo e diminuindo o custo do produtor.

Para a produção de mudas, é necessária a utilização de substratos que proporcionem boas condições de desenvolvimento para as mesmas (GLASER ET AL., 2002). Segundo CARNEIRO (1995), o desenvolvimento de mudas é influenciado pela quantidade de fertilizantes aplicados e pela disponibilidade destes nutrientes no substrato. Um bom substrato para a produção de mudas deve oferecer condições adequadas para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada (CALDEIRA et al., 2008).

SILVA (2008), utilizando lodo de ETA em estudos de recuperação de área degradada por mineradora de cassiterita, verificou aumento do pH do solo e dos teores de Ca e Fe. O autor relata que o uso do lodo de ETA como fertilizante pode ser viável porque contém determinados nutrientes às plantas. No entanto o nitrogênio não deve ser utilizado como critério para definir as doses de aplicação, já este se encontra em pequena quantidade neste tipo de resíduo.

Já em pesquisa mais recente, Oliveira et al. (2015) observaram que o lodo avaliado não apresentou características que indiquem o seu uso como corretivo agrícola e adubo, sendo que a concentração elevada de Mn limitou a aplicação. Porém, esses mesmos autores observaram que o LETA foi capaz de reduzir em 20% o índice de saturação por alumínio e atuou como agente cimentante e coagulante das partículas tornando o solo mais poroso o que melhora a sua estrutura e favorece o desenvolvimento das plantas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidos com lodo da ETA do SAAE Guanhães incorporado ao substrato comercial.

2.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar o lodo gerado na UTR da ETA do SAAE Guanhães – MG;
- Avaliar os efeitos do lodo no crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urograndis*;
- Identificar quais concentrações do lodo no substrato são mais favoráveis ao desenvolvimento da espécie;
- Verificar o teor de Al nos tecidos aéreos das plantas;
- Estabelecer um descarte ecologicamente correto e ao mesmo tempo economicamente viável do LETA;
- Divulgar os resultados encontrados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas florestais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus São João Evangelista (IFMG/SJE), município de São João Evangelista - MG apresenta Latitude: 18° 32' 46" Sul, Longitude: 42° 45' 35" Oeste.

Segundo Köppen, a região apresenta características climáticas distintas, específicas para região de clima tropical, sendo o inverno seco e o verão chuvoso, tendo uma temperatura média mínima de 21°C e sua média máxima de 27°C por ano, a altitude média é de 692 m, com uma precipitação anual de cerca de 1180 mm (SILVA, 2013). Sendo abastecido pela bacia do Rio São Nicolau, que constitui a sub-bacia do Suaçuí Grande, compondo a bacia hidrográfica do Rio Doce no Centro Nordeste do Estado de Minas Gerais, região essa caracterizada por ser localizado nos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica, presente no estado de Minas Gerais.

3.2 AQUISIÇÃO DO LETA E MATERIAL VEGETAL

O lodo foi cedido pelo SAAE de Guanhães, MG. O resíduo que origina o lodo é gerado na lavagem dos filtros e limpeza dos decantadores da ETA, que após esse processo é encaminhado à UTR onde é disposto em leito de secagem, sendo que depois de algum tempo gera um produto final seco e desidratado.

O LETA foi encaminhado ao laboratório de Ecologia do IFMG/SJE para a sua homogeneização em relação a umidade e granulometria, sendo que esse foi seco em estufa a 70 °C por 72 horas e em seguida teve sua granulometria reduzida com auxílio de um pilão de madeira e peneira de 10 mesh para padronização (ROCHA et al., 2015).

Para a produção de mudas, utilizou-se sementes de *Eucalyptus urograndis*, da empresa Bentec® Sementes, Insumos e Tecnologia, sendo essas distribuídas em tubetes com volume de 290 cm³. Devido ao tamanho minúsculos das sementes e ao fato de essas estarem misturadas em materiais inertes, a distribuição das sementes nos tubetes foram de acordo com o peso da mistura, sendo que em cada tubete foi colocado aproximadamente uma grama da mistura que continha as sementes, o que equivale a aproximadamente 80 sementes viáveis por tubete, considerando as especificações da empresa.

Decorridos 20 dias após o plantio das sementes, foi feito um desbaste, deixando apenas uma planta por tubete, sendo que essa era sempre a mais vigorosa. Esse desbaste foi feito com o auxílio de uma tesoura, para que as mudas em excesso fossem cortadas e não arrancadas.

3.3 MONTAGEM DO EXPERIMENTO

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação e contou com seis tratamentos com concentrações diferentes do lodo padronizado + substrato comercial Mecplant®. Essas concentrações foram em Kg.Kg⁻¹, nas proporções abaixo:

- Tratamento 1: 100% substrato comercial;
- Tratamento 2: 80% substrato comercial + 20% lodo;
- Tratamento 3: 60% substrato comercial + 40% lodo;
- Tratamento 4: 40% substrato comercial + 60% lodo;
- Tratamento 5: 20% substrato comercial + 80% lodo;

- Tratamento 6: 100% lodo.

Os recipientes utilizados na montagem do experimento foram tubetes de 290 cm³ com seis estrias. Esses passaram por um processo de desinfestação em hipoclorito de sódio a 2%, durante 5 minutos. Em seguida, os tubetes foram secos e lavados novamente com água esterilizada e secos ao ar.

Todos os tratamentos receberam as mesmas adubações, efetuadas de acordo com SILVA; STEIN (2008). A adubação de base foi realizada adicionando os adubos ao substrato antes do enchimento dos tubetes.

A irrigação do experimento foi realizada com sistema de aspersores ligados em horários programados (9 h e 16 h). Caso fosse observado a necessidade devido às condições ambientais, as plantas eram irrigadas em outros horários entre os dois estipulados anteriormente. Cada irrigação teve tempo de 20 minutos.

3.4 ANÁLISES BIOMÉTRICAS

Decorridos 120 dias após o plantio, foram realizadas avaliações dos parâmetros morfológicos e fisiológicos das mudas, tais como: diâmetro do colo (DC), massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), clorofila, área foliar (AF) e volume de raízes. De posse desses dados, foi calculado a razão entre massa seca da parte área e massa seca radicular (MSPA/MSR).

O diâmetro e a clorofila foram quantificados na planta ainda viva, sendo o diâmetro do coleto determinado ao nível do substrato, através de um paquímetro de precisão de 0,05 mm no mesmo período de tempo. A clorofila dos tratamentos, assim como o diâmetro, foi avaliada aos 120 dias, onde foi selecionada a quinta folha de cada planta, sendo essa contagem feita de cima para baixo na planta, considerando como 1ª folha há mais desenvolvida e saudável no topo da planta. O equipamento utilizado foi um medidor portátil modelo SPAD-502. A medição foi efetuada em 3 lugares de cada folha, e depois realizado uma média aritmética, para estabelecer o teor médio relativo de clorofila das plantas.

Após 120 dias, o experimento foi desmontado e seguiu-se com as demais análises. A área foliar dos tratamentos foi encontrada utilizando-se o medidor portátil CI-203 BioScience. Para obtenção do volume de raízes, essas foram lavadas para a retirada do excesso de substrato e

acomodadas em bandejas plásticas para análises posteriores. Para as leituras, as raízes foram dispostas em bandejas de acrílico com uma fina lâmina de água. Os procedimentos foram seguidos de acordo com RÉGENT INSTRUMENT INC (fabricante do equipamento Winrhizo®).

Para a determinação da matéria seca aérea e radicular, as raízes foram separadas da parte aérea e lavadas em água corrente, usando-se peneira fina para evitar perdas significativas de raízes. Em seguida, a parte aérea e o sistema radicular de cada planta foram acondicionados separadamente em sacos de papel, identificados e colocados em estufa a 65° C até atingir peso constante, e determinando, assim a massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

3.5 ANÁLISES QUÍMICAS

O lodo padronizado foi quarteado e uma alíquota e encaminhado ao Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para identificar e quantificar os nutrientes presentes no lodo (Anexo 1).

Para análise de folhas, foram coletados de cada tratamento 4 amostras de folhas, totalizando 24 amostras, sendo essas destinadas ao Laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), essa análise foi realizada com o objetivo de determinar o teor total de Al, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn dos tecidos vegetais da parte aérea, a fim de verificar a translocação desses elementos na planta e os seus efeitos.

3.6 ESTATÍSTICA

O experimento foi constituído de uma espécie com seis tratamentos e 10 repetições, totalizando uma população de 60 unidades. Para a análise de nutrientes nas folhas, o universo amostral contou com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando uma população de 24 unidades.

Todo o experimento foi realizado em casa de vegetação, onde esse foi conduzido em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Os resultados foram submetidos a análise variância para a regressão, sendo que os que apresentaram significância para essa tiveram suas médias comparadas através do Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os resultados biométricos que não apresentaram normalidade e homogeneidade de variâncias foram transformados segundo BANZATTO & KRONKA (2006). Toda a estatística foi trabalhada pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 NUTRIENTES NAS FOLHAS

Com exceção do ferro, para todos os outros nutrientes foi observado efeito significativo desses nas folhas ($p < 0,05$) (Tabela 1). Esses dados quando submetidos a regressão foi possível encontrar coeficientes de determinação (R^2) superiores a 60%, com exceção do Zinco (Zn), que mesmo sendo significativo, apresentaram um R^2 abaixo de 50%.

Tabela 1- Resumo da variância para a regressão dos nutrientes encontrados nas folhas

Nutrientes	Média Geral	CV (%)	Fc				Reg. Linear R^2 (%)	Reg. Quadrática R^2 (%)
			Tratamento	Reg. Linear	Reg. Quadrática	Desvios de regressão		
Fósforo (P)	0,092	10,05	35,325*	119,071*	7,837*	16,572*	67,41*	71,85*
Potássio (K)	0,888	7,08	74,774*	173,394*	53,187*	49,096*	46,38*	60,6*
Cálcio (Ca)	0,355	6,76	61,895*	93,039*	205,191*	3,748*	30,06*	96,37*
Magnésio (Mg)	0,181	4,34	245,793*	807,95*	274,58*	48,812*	65,74*	88,08*
Manganês (Mn)	2494,806	9,37	408,462*	1821,186*	196,458*	8,223*	89,17*	98,79*
Cobre (Cu)	1,306	25,54	15,696*	54,343*	4,983*	6,384*	69,25*	75,6*
Zinco (Zn)	8,727	13,11	10,044*	12,267*	11,706*	8,749*	24,43*	47,74*
Ferro (Fe)	38,781	76,78	2,009 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,552 ^{ns}	3,128 ^{ns}	0,78 ^{ns}	6,28 ^{ns}
Al	24,87	11,02	5,97*	26,579*	0,606 ^{ns}	0,888 ^{ns}	89,04*	91,07*

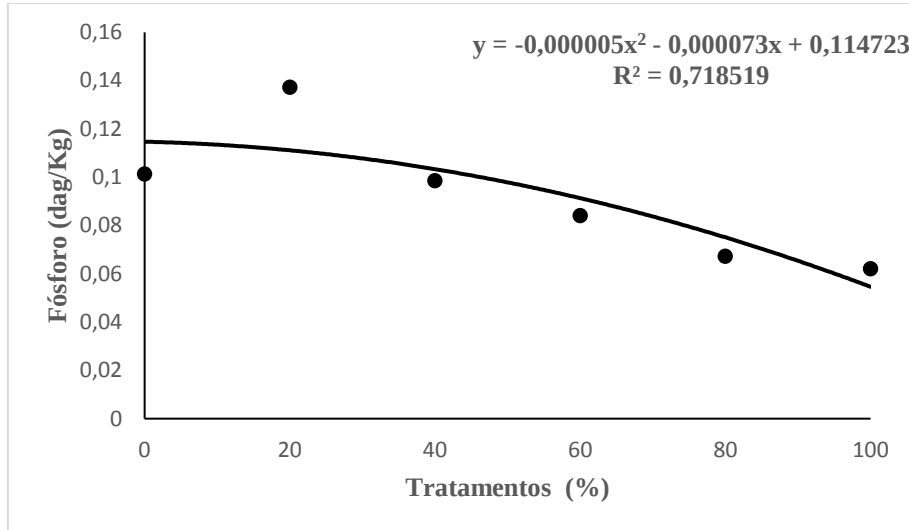
ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

O fósforo ocorre nas plantas em quantidades bem menores do que as do nitrogênio e do potássio, fazendo parte da constituição dos ácidos nucleicos, da fitina e dos fosfolipídios, sendo que um adequado suprimento desse elemento é importante, no início do crescimento da planta, para a formação dos primórdios vegetativos (CAMARGO, 1970; DEVLIN, 1970).

O fósforo apresentou significância tanto para a regressão linear quanto a quadrática, sendo que seu maior coeficiente de variação (R^2) encontrado foi para a regressão quadrática. Através

do Figura 1, é possível observar que o fósforo decresce com o aumento da concentração do LETA, mostrando que o LETA prejudica a absorção desse nutriente na planta.

Figura 1- Concentração de Fósforo nas folhas, em função das concentrações de LETA

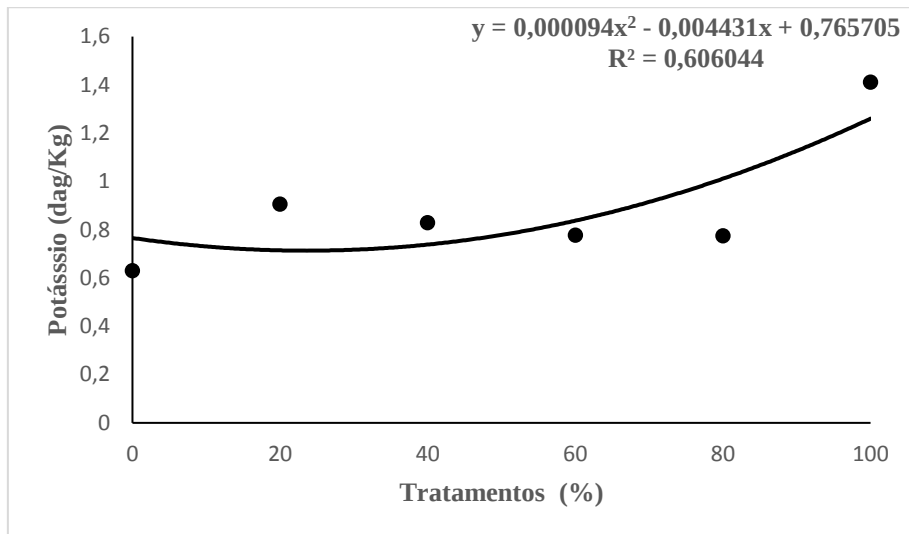


Essa redução já foi relatada por Tsutiya e Hirata (2001), e reafirmada por FIGUEIREDO NETO (2001), sendo que ambos os autores concordaram que o lodo tende a reagir com o fósforo do solo, podendo indisponibiliza-lo para as mudas. Essa indisponibilidade, pode ser relacionada com a concentração de hidróxidos de ferro no substrato, que aumentou com o aumento das concentrações do lodo no substrato, uma vez que esse nutriente é capaz de adsorver o fósforo no solo (FIGUEIREDO NETO, 2001).

O potássio é essencial para diversas funções vitais das plantas como a respiração e fotossíntese (DEVLIN, 1970), mas também importantes no metabolismo dos carboidratos e do nitrogênio, no desdobramento e translocação do amido, na síntese de proteína, na neutralização de ácidos orgânicos, na ativação de enzimas, no crescimento de tecidos meristemáticos, nos movimentos estomáticos e nas relações hídricas (CAMARGO, 1970).

Foi verificado efeito significativo para esse nutriente tanto na regressão linear quanto quadrática, sendo há regressão quadrática mais representativa, uma vez que essa apresentou um maior R^2 . A partir de uma concentração de 23,56 % do LETA no substrato a concentração de potássio nas folhas começa a aumentar (Figura 2), fazendo com que esse nutriente esteja em maior concentração no tratamento ET6 (100 % de lodo).

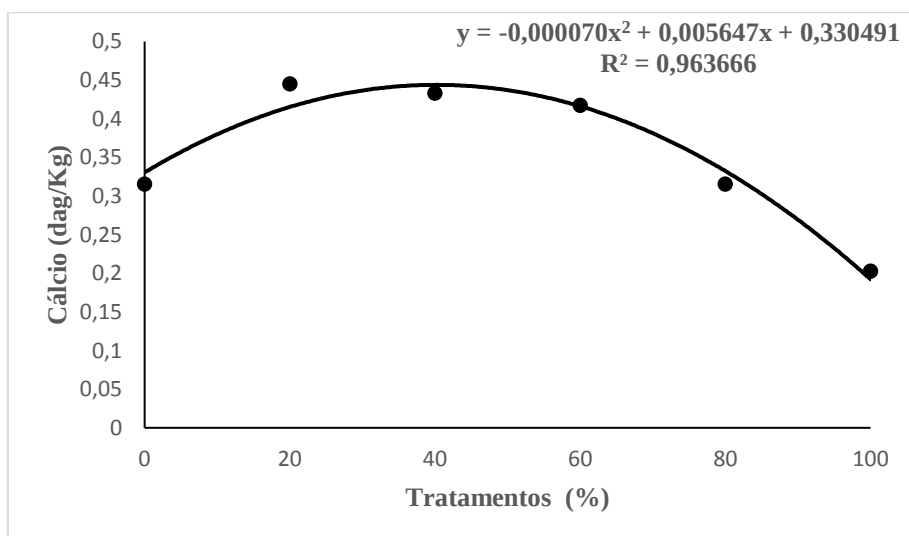
Figura 2- Concentração de Potássio nas folhas, em função das concentrações de LETA



O cálcio é indispensável a todas as plantas superiores, sendo absorvido na forma iônica de Ca^{++} e encontrado em maiores quantidades nas folhas. As suas funções específicas ainda não estão bem definidas, mas classicamente é considerado como necessário à formação da lamela média, por causa do seu papel na síntese do pectato de cálcio (CAMARGO, 1970; CARNEIRO, 1995; DEVLIN, 1970; RAY, 1971), sendo requerido para a elongação e divisão celular (MARSCHNER, 1986).

A regressão quadrática para esse nutriente consegue explicar com 96,37% de precisão o comportamento desse na planta, onde a partir de 40,34% de concentração de LETA na planta, começa a diminuir a concentração de cálcio nas folhas (Figura 3).

Figura 3- Concentração de Cálcio nas folhas, em função das concentrações de LETA

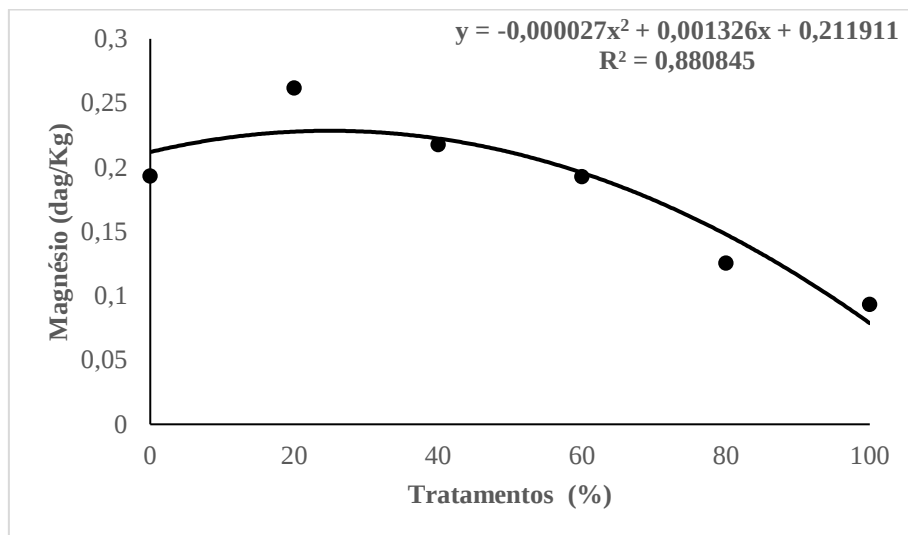


Os efeitos interiônicos entre K, Ca e Mg ocorrem na forma de inibição competitiva, normalmente ao nível de membrana celular (Epstein, 1975). Malavolta (1980), afirma que esse processo ocorre quando dois elementos se combinam pelo mesmo sítio ativo do carregador. Esse processo faz com que as altas dose de potássio no meio, inibam absorção de cálcio e magnésio, chegando em muitas vezes a causar deficiência desses dois nutrientes.

O magnésio, além das funções essenciais nos processos de fotossíntese, formando parte da molécula de clorofila, e do metabolismo de glucídios e síntese dos ácidos nucléicos, funcionando como ativador, é importante na intervenção de um transportador de fosfato (DEVLIN, 1970), sendo constituinte da molécula de clorofila, ativador de numerosas enzimas e, ainda, melhorando a absorção de fósforo (MALAVOLTA, 1980).

A concentração do magnésio nas folhas foi significativo tanto para a regressão linear ($R^2=65,74^*$) quanto a quadrática ($R^2=88,08^*$), sendo a quadrática com maior coeficiente de ajuste. Na concentração de 24,56% do lodo no substrato foi observado o maior acúmulo de magnésio nas folhas, sendo que a partir desse valor a concentração desse nutriente nas folhas decresce (Figura 4).

Figura 4- Concentração de Magnésio nas folhas, em função das concentrações de LETA



Assim como o cálcio, o magnésio também é afetado pelas altas concentrações de potássio no substrato, mostrando-se ainda mais sensível a presença desse nutriente no meio, sendo que em concentrações de 24,6% de lodo no substrato já são suficientes para a redução na absorção de magnésio.

O zinco é um micronutriente de absorção rápida e de difícil lavagem, absorvido como íon Zn^{++} e como quelatos (CAMARGO, 1970), sendo essencial para a transformação de

carboidratos (CARNEIRO, 1995), concentrando-se em cloroplastos, no vacúolo e nas membranas celulares (PAIVA, 2000). É, também, essencial para a síntese do triptofano, precursor do Ácido Indol Acético (AIA), auxina importante para o enraizamento (MALAVASI, 1994).

A concentração desse elemento nas folhas em função das doses de LETA, quando submetidos a regressão, apresentaram significância tanto para a regressão linear ($R^2=24,43\%$) quanto quadrática ($R^2=47,47\%$). Em função do baixo valor dos coeficientes de variações, as médias dos tratamentos foram comparados através do Teste de Scott Knott, onde esses apresentarem valores significativos (Tabela 2).

Tabela 2- Resumo da análise de variância para a concentração de zinco nas folhas

FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	5	65,731	13,146	10,044*
Erro	18	23,559	1,309	
Total corrigido	23	89,29		
CV (%) = 13,11 Média geral: 8,727				

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

Os tratamentos ET2 e ET4 foram os que apresentaram maiores concentrações de zinco nas folhas, sendo que do ponto de vista estatístico ambos são iguais, mostrando que até concentrações de 60% de LETA em substrato é favorável para a absorção desse nutriente (Tabela 3).

Tabela 3- Média da concentração de zinco nas folhas

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
ET1	8,038	b
ET2	11,4	a
ET3	8,763	b
ET4	10,263	a
ET5	6,688	b
ET6	7,213	b

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P>0,05$)

A menor concentração de zinco nas folhas com maiores concentrações de LETA, podem está associadas a concentrações de fósforo no substrato, pois a deficiência do zinco pode ser induzida por altos índices de fósforo no solo, causando diminuição na sua absorção (MALAVOLTA et al., 1997).

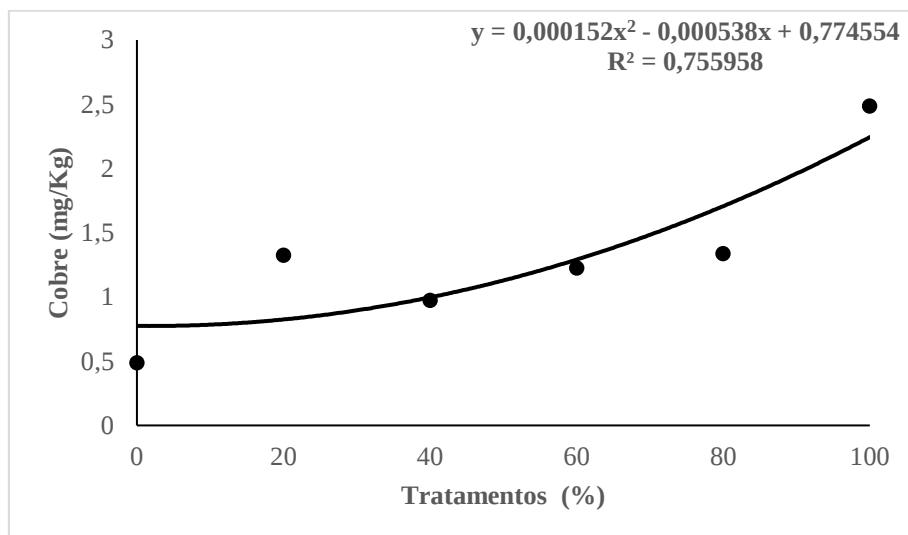
Outro fator que pode ter afetado a absorção de zinco pode ter sido a concentração de potássio no substrato, que aumentou com o aumento das concentrações de lodo, pois Schonau

(1981) ao estudar o efeito da aplicação de fertilizantes sobre os teores foliares dos nutrientes em *E. grandis*, verificou que a aplicação de K reduzia os teores de Ca, Zn e Fe nas folhas da espécie em questão.

O cobre é absorvido na forma de íon Cu^{++} e como complexo orgânico de sal quelato com EDTA (MALAVOLTA et al., 1997), sendo ativador de enzimas, tais como a tirosinase, a lácase, a oxidase do ácido ascórbico e a desidrogenase de butiril-coenzima-A (DEVLIN, 1970, CAMARGO, 1970; CARNEIRO, 1995), além de ter importante função no metabolismo das raízes (ICEA, 1973).

Foi verificado efeito significativo para esse nutriente tanto na regressão linear ($R^2=69,25^*$) quanto quadrática ($R^2=75,6^*$), sendo a regressão quadrática mais representativa, uma vez que essa apresentou um maior R^2 (Figura 5).

Figura 5- Concentração de Cobre nas folhas, em função das concentrações de LETA

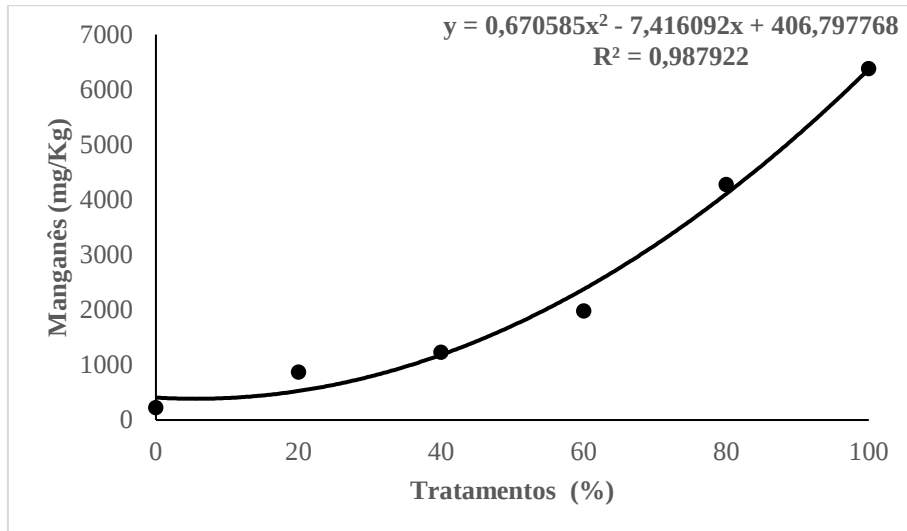


O crescente aumento da concentração de boro nas folhas, explicaria também a baixa absorção de zinco. Em plantas de café o cobre ou boro reduz em 50% a absorção do zinco aplicado às folhas, no caso do cobre a inibição é competitiva, podendo ser corrigida aumentando a concentração do zinco no solo (FAQUIN, 1994).

O manganês é absorvido na forma iônica de Mn^{++} e em combinações moleculares de quelatos com EDTA, sendo ativador de enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos, com as reações de fosforilação, com o ciclo do ácido nítrico, da prolidase e da glutamyltransferase (CAMARGO, 1970). Esse elemento tem também um papel importante na respiração e metabolismo do nitrogênio (DEVLIN, 1970).

A regressão quadrática, expressou com 98,79% de precisão a relação entre a concentração desse nutriente nas folhas com a quantidade de LETA presente no substrato, sendo que a concentração do nutriente aumenta com o aumento do LETA (Figura 6).

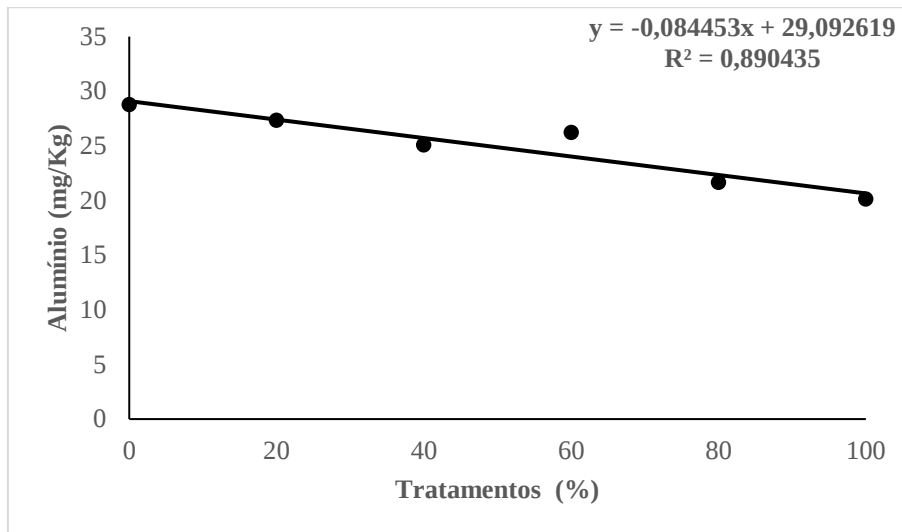
Figura 6- Concentração de Manganês nas folhas, em função das concentrações de LETA



De acordo com Zanão Júnior (2010), as plantas geralmente apresentam teores foliares de Mn variados de acordo com a espécie. Teores de Mn de 30-500, 10-20 e 200-5300 mg.Kg⁻¹ são considerados normais, deficientes e tóxicos, respectivamente (Edwards & Asher, 1982; Clarkson, 1988), sendo assim é possível observar que quando a concentração de lodo no substrato for superior 18,54%, o manganês ali presente se torna tóxico as mudas de eucalipto.

Suspeita-se que um dos principais elementos no lodo seria o alumínio, devido há constatação desse em diferentes literaturas. Essa suspeita foi mitigada através da análise química do lodo (Anexo 1) e definitivamente refutada pelas análises da concentração do alumínio nas folhas, que apresentou significância para a regressão linear ($R^2 = 89,04^*$) (Figura 7).

Figura 7- Concentração de alumínio nas folhas, em função das concentrações de LETA



É possível observar na Figura 7 que o alumínio decresce quando se aumenta a concentração de lodo no substrato, contrariando algumas literaturas como a de HOPPEN et al. (2005) que encontrou em sua pesquisa, o alumínio como um dos principais constituintes do lodo. Essas diferenças na composição do lodo de diferentes ETA's é explicado por PADILHA (2005), que afirma que as características dos lodos estão diretamente relacionadas aos solos de onde estas águas são coletadas.

Outra informação que pode ser extraída da Figura 7 é a de que o substrato comercial provavelmente continha alumínio, mas esse não se encontrava em níveis tóxicos para as mudas de eucalipto, uma vez que essas não tiveram seu crescimento comprometido nos tratamentos com maiores concentrações de alumínio. A baixa concentração de alumínio nas plantas é explicado pelo pH do lodo de 5,68 (Anexo 1), que segundo MALAVOLTA (1979) o alumínio tende a ficar menos disponível no solo há essas faixas de pH.

4.2 MATÉRIA SECA DA RAIZ (MSR)

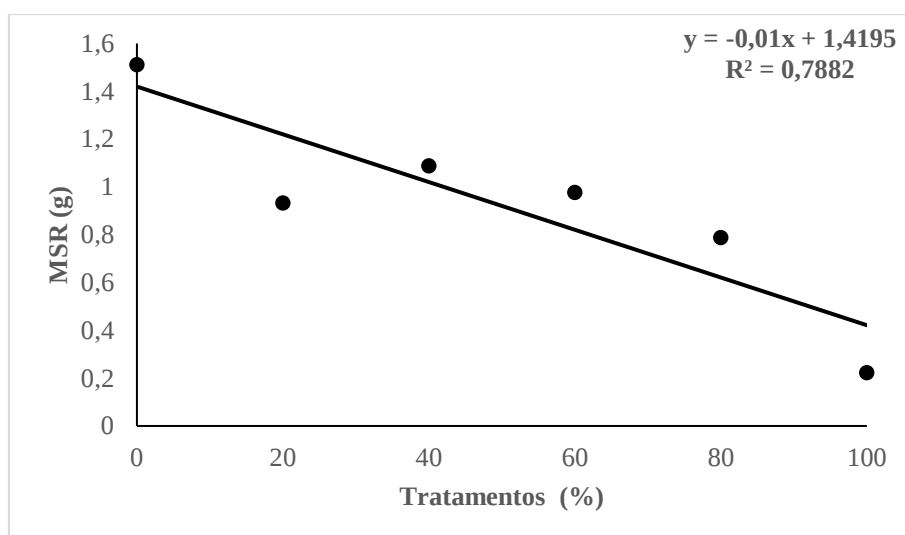
Foi observado efeito significativo para o parâmetro de MSR ($p < 0,05$) (Tabela 4). Esses dados quando submetidos a análise de regressão, apresentaram valores significativos para a regressão linear, sendo o coeficiente de ajuste (R^2) de 72,82%.

Tabela 4- Resumo da análise de variância para a Matéria Seca da Raiz (MSR), para estudo de regressão.

Causas da Variação	GL	SQ	QM	Fc	R ² (%)
Reg. Linear R ²	1	6,974	6,974	77,895*	72,82*
Desvios de regressão	3	1,669	0,556	6,213*	-
Tratamentos	5	8,849	1,77	19,766*	-
Média geral: 0,92			CV (%): 32,51		

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

A relação entre MSR e os tratamentos se mostrou inversamente proporcional, sendo que há medida que a concentração o lodo no substrato aumenta, diminui a produção de MSR (Figura 8), mostrando que o melhor tratamento para esse parâmetro seria o ET1 (100 % de substrato comercial). O tratamento ET6 (100% lodo) foi o que apresentou pior desenvolvimento, mostrando que o lodo em 100% prejudica o crescimento da radicular das mudas.

Figura 8- Matéria Seca da Raiz (MSR) em função das concentrações de lodo no substrato

Os resultados aqui encontrados divergem de Rocha et al. (2014), pois em seu trabalho ele constatou que até concentrações de 70% do lodo no substrato, é favorável ao crescimento das mudas de eucalipto. Essa diferença pode ser explicada devido às composições diferentes dos LETA e ao tempo de condução dos experimentos que divergiram, sendo que no realizado por Rocha et al. (2014), teve duração de 45 dias, expondo menos as mudas a elementos tóxicos presentes no lodo. Em ambos os trabalhos os tratamentos com 100% do lodo, foram ruins para a massa radicular das mudas, mostrando com isso os efeitos negativos gerados pelo excesso de LETA nas mudas.

A maior produção de MSR nos tratamentos com menor concentração de lodo pode está relacionado com a quantidade de fósforo, encontrado nas folhas, pois de acordo com Gomes e

Couto (1983), esse elemento influencia positivamente no crescimento da planta, principalmente no seu sistema radicular.

O teor de fósforo nas folhas decresceu com o aumento do LETA (Figura 1), outro elemento que pode ter colaborado para uma redução do sistema radicular dos tratamentos com mais concentrações de LETA é o cobre, que segundo Gomes (2001), altas concentrações desse elemento, pode prejudicar o crescimento radicular. Esse elemento foi encontrado em grandes concentrações nos tratamentos com maior quantidade de LETA (Figura 5).

4.3 MASSA SECA DA PARTE AÉREA (MSPA)

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de MSPA ($p < 0,05$) (Tabela 5). Esses dados quando submetidos à análise de regressão, apresentaram valores significativos para a regressão linear, sendo o coeficiente de ajuste (R^2) de 74,09%.

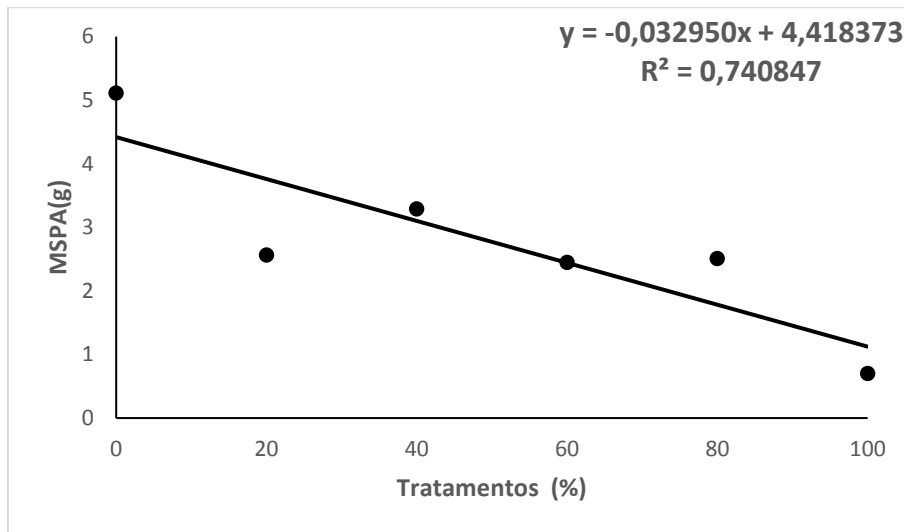
Tabela 5- Resumo da análise de variância para a Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA), para estudo de regressão

Causas da Variação	GL	SQ	QM	Fc	R² (%)
Reg. Linear R ²	1	76	76	85,622*	74,09*
Desvios de regressão	3	1,669	0,556	9,937*	-
Tratamentos	5	102,580	20,516	23,114*	-
Média geral: 2,77	CV (%): 34,00				

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

A relação entre MSPA e os tratamentos se mostrou inversamente proporcional, sendo que à medida que a concentração o lodo no substrato aumenta, diminui a produção de MSPA (Figura 9), mostrando que o melhor tratamento para esse parâmetro seria o ET1 (100 % de substrato comercial). O tratamento ET6 (100% lodo) foi o que apresentou pior desenvolvimento, mostrando que o lodo em 100% prejudica o crescimento aéreo das mudas.

Figura 9- Matéria Seca da Parte Aérea (MSPA) em função das concentrações de lodo no substrato



As diferenças dos tratamentos de menor concentração de lodo para os tratamentos de maior concentração em relação à MSPA são reforçadas pelos dados encontrados na matéria seca da raiz, onde essas foram maiores, contribuindo assim com uma maior absorção de nutrientes gerando com isso um maior acúmulo de massa da parte aérea.

Esses dados se assemelham com os encontrados por Rocha et al. (2014), pois os tratamentos que não continham lodo, foram os que apresentaram uma maior produção de massa aérea e o tratamento que continham 100% de lodo, foi o pior para as mudas de eucalipto.

Esse aumento pode está associado ao fósforo presente em maior concentração nas folhas dos tratamentos com baixa proporção de lodo (Figura 1), sendo que esse elemento promoveu acréscimos na altura e nos pesos de matérias secas da parte aérea e de raízes de mudas de *Eucalyptus grandis*, *E. pellita* e *E. tereticornis* (ROCHA e BRAGA, 1982).

4.4 ÁREA FOLIAR (AF)

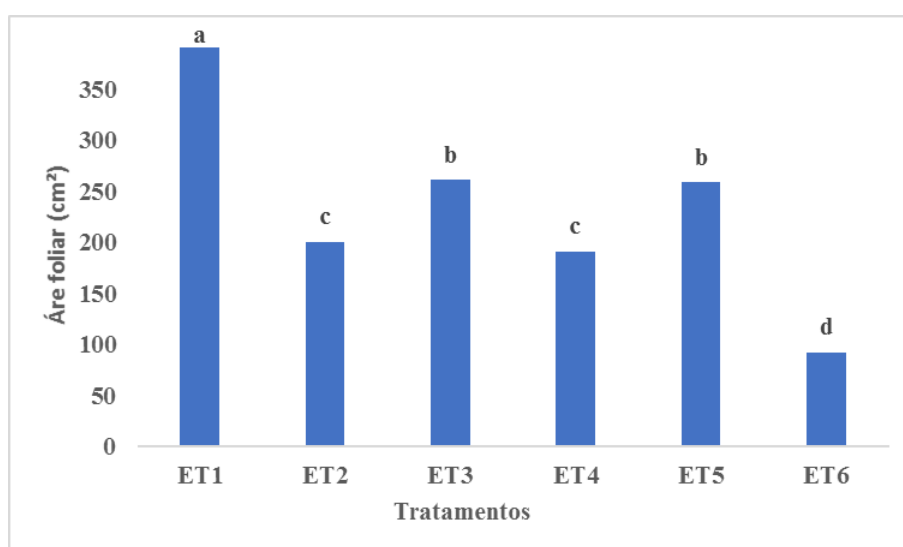
Foi observado efeito significativo para o parâmetro de AF ($p < 0,05$) (Tabela 6). Esses dados quando submetidos a análise de regressão, apresentaram valores significativos para a regressão linear, sendo o coeficiente de determinação (R^2) de 56,26%, como esse valor foi baixo e não explicava com exatidão o comportamento dos dados, optou-se por fazer o teste de média.

Tabela 6- Resumo da análise de variância para a área foliar (AF), para estudo de regressão

Causas da Variação	GL	SQ	QM	Fc	R ² (%)
Reg. Linear R ²	1	276882,725	276882,725	53,674*	56,26*
Desvios de regressão	3	212560,664	70853,555	13,735*	-
Tratamentos	5	492128	98426	19,080*	-
Média geral: 232,567			CV (%): 30,88		

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

O maior valor para área foliar total, foi encontrado no tratamento ET1 e o menor valor encontrado para o tratamento ET6 (Figura 10).

Figura 10- Médias não transformadas da área foliar

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

A quantidade de fotoassimilados nas plantas é geralmente proporcional à área foliar (Zonta et al., 2006), essa afirmação é reforçada por Pinto (2009), sendo encontrado por ele relação linear diretamente proporcional entre a produção de matéria seca de eucalipto e sua área foliar, inferindo assim que com o aumento de área foliar há uma aumento de fotoassimilados, sendo esses convertidos em biomassa, contribuindo para o aumento da matéria seca, explicando assim o porquê do tratamento ET1 ter produzido maior quantidade de matéria seca e o tratamento ET6 ter sido o pior.

4.5 DIÂMETRO DO COLETO (DC)

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de DC ($p < 0,05$) (Tabela 8). A relação do DC com as concentrações de LETA no substrato foi significativo tanto para a regressão

linear ($R^2=59,39^*$) quanto a quadrática ($R^2=72,8^*$), sendo a quadrática com maior coeficiente de ajuste, explicando os dados com maior precisão.

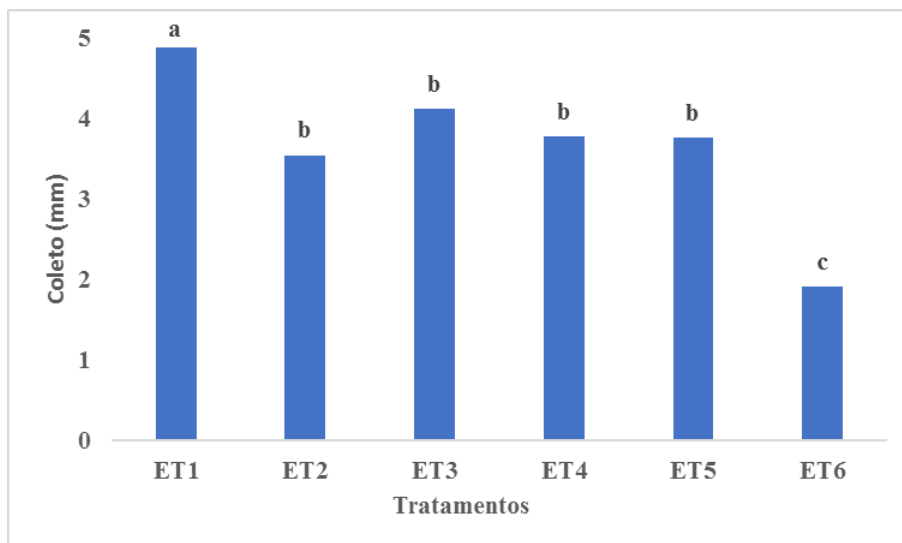
Tabela 7- Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto para estudo de regressão

Causas da Variação	GL	SQ	QM	Fc	R² (%)
Reg. Linear R ²	1	0,593	0,593	105,517*	59,39*
Reg. Quadrática R ²	1	0,134	0,134	23,822*	72,8*
Desvios de regressão	3	0,272	0,091	16,111*	-
Tratamentos	5	0,998	0,2	35,534*	-
Média geral: 0,542			CV (%): 13,84		

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, é considerado por muitos pesquisadores como uma das mais importantes características para estimar a sobrevivência após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (CARNEIRO, 1995; DANIEL et al., 1997; GOMES et al., 2002; SOUZA et al., 2006); tal característica é utilizada para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicados na produção de mudas e para avaliação da capacidade de sobrevivência em campo, já que mudas de maior incremento em diâmetro possuem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes (SOUZA et al., 2006).

Quando feito o teste de comparação de média, o tratamento ET1 apresentou valor superior em relação aos outros tratamentos, e o ET6 valor inferior (Figura 11), sendo esses resultados semelhantes aos apresentados na figura 10, mostrando uma relação diretamente proporcional entre coleto e área foliar, o que faz todo sentido, uma vez que plantas com maior área foliar produzem quantidades maiores de fotoassimilados (Zonta et al., 2006), e para que esses sejam translucados nas plantas, precisam de quantidade maiores de vasos condutores o que justificaria o engrossamento do caule.

Figura 11- Médias não transformadas do diâmetro do coleto

Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

Gomes et al. (2013), utilizando lodo de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para produção de mudas de eucaliptos, encontrou resultados satisfatórios para DC até a concentrações de 80% desse lodo no substrato, relacionando esse incremento ao potássio (K) presente no lodo, uma vez que o K, além de regular a abertura estomática, promove o engrossamento do caule das mudas, na fase de produção (VALERI; CORRADINI, 2005). Contrariando o resultado obtido neste trabalho, que mesmo com o aumento de K nas folhas com o aumento da proporção de lodo nos tratamentos (Figura 2), o DC diminuiu, evidenciando que outros fatores sobrepuseram a vantagem do incremento do K.

4.6 CLOROFILA

Foi observado efeito significativo para o parâmetro de clorofila ($p < 0,05$) (Tabela 8). Como esses dados não apresentarem significância quando submetidos à análise de regressão linear e quadrática, foi realizado o Teste de Scott knott a 5% para a comparação das médias dos tratamentos.

Tabela 8- Resumo da análise de variância da clorofila

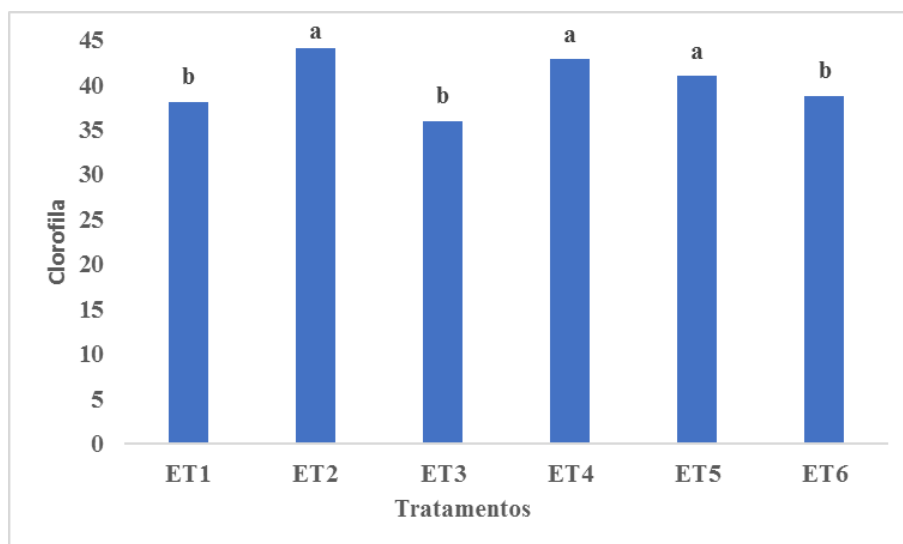
FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	5	467,364	93,473	2,519*
Erro	54	2003,401	37,1	
Total corrigido	59	67,809		
CV (%) = 15,17 Média geral: 40,149				

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

A medição do teor de clorofila através de medidores portáteis, como feito no presente estudo, representa uma alternativa rápida e econômica, pois não requer a destruição das folhas e desta forma não interfere em análises posteriores (JESUS; MARENCO, 2008). Essa análise é de grande importância, pois a quantidade de clorofila nas plantas está relacionada com a eficiência fotossintética e, conseqüentemente com seu crescimento e adaptabilidade aos diferentes ambientes (FIGUEIREDO NETO, 2008).

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos ET1, ET6, ET3, (Figura 12), mostrando que o lodo em 100% e 0%, compromete a produção de clorofila das plantas, uma vez que os valores encontrados nesse tratamento do ponto de vista estatístico são iguais aos valores encontrados no tratamento ET1.

Figura 12- Médias não transformadas da clorofila



Médias seguidas de letras iguais não diferem pelo Teste de Scott knott ($P > 0,05$)

O maior valor para a clorofila no tratamento ET2, é justificável uma vez que esse tratamento apresentou a maior quantidade de magnésio (Figura 4) sendo esse nutriente constituinte da molécula de clorofila (MALAVOLTA, 1980). Como a absorção de magnésio decresceu com o aumento da concentração de lodo, a clorofila também caiu, o que explicaria o tratamento ET6 ter apresentado valor menor de clorofila.

A não diferenciação entre os tratamentos com letras iguais, pode esta associado à concentração de ferro encontrada nas folhas, sendo que a variação dessas concentrações não foi significativa (Tabela 1). O ferro nas plantas está associado à produção de clorofila e de outros pigmentos que captam luz (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

4.7 RELAÇÃO ENTRE PESO DA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA/PESO DA MATÉRIA SECA DA RAÍZ (MSPA/MSR)

Como os dados de MSPA/MSR não apresentarem uma distribuição normal, esses foram transformados pela fórmula de logaritmo natural, sendo que, não foi observado efeito significativo para esse dado ($p>0,05$) (Tabela 12).

Tabela 9- Resumo da análise de variância da relação MSPA/MSR

FV	GL	SQ	QM	Fc
Tratamento	5	0,657	0,131	0,653 ^{ns}
Erro	54	10,86	0,201	
Total corrigido	59	11,517		
CV (%) = 41,87 Média geral: 1,071				

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

Em todos os tratamentos a relação MSPA/MSR foi superior a 3, mostrando que a produção de MSPA foi sempre maior que a MSR, sendo que em média, para cada 1 grama de raiz havia 3,23 gramas de matéria seca da parte aérea.

Num encontro de pesquisadores ficou estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o seu respectivo peso de matéria seca da raiz (BRISSETTE, 1984). Esta relação é comumente utilizada como padrão de qualidade nas medições de crescimento de mudas tanto em estudos ecológicos quanto em fisiológicos, ficando constatado como sendo improvável que a sua variação, independa da procedência e do sítio (SHEPHERD e SA-ARDAVUT, 1984).

Essa falta de significância já era esperada, uma vez que foi possível visualizar através das figuras 7 e 8, que tanto a produção MSR e MSPA decrescia proporcionalmente com o aumento do LETA no substrato, fazendo assim com que a relação entre esses parâmetros se mantivesse constante em todos os tratamentos.

Augusto (2013), avaliando os efeitos do LETA na produção de mudas de plantas da Caatinga, encontrou que em até concentrações de 40% desse material no substrato a relação MSPA/MSR não foi alterada. Como essa porcentagem foi a maior utilizada no seu experimento, não é possível saber qual seria o efeito desse resíduo, quando utilizado em 100% no substrato.

4.8 VOLUME RADICULAR (VR)

Foi observado efeito significativo para o volume radicular (VR) ($p < 0,05$) (Tabela 13). A relação do VR com as concentrações de LETA no substrato foi significativo tanto para a regressão linear ($R^2 = 90,00^*$) quanto a quadrática ($R^2 = 96,31^*$), sendo a quadrática com maior coeficiente de ajuste, explicando os dados com maior precisão.

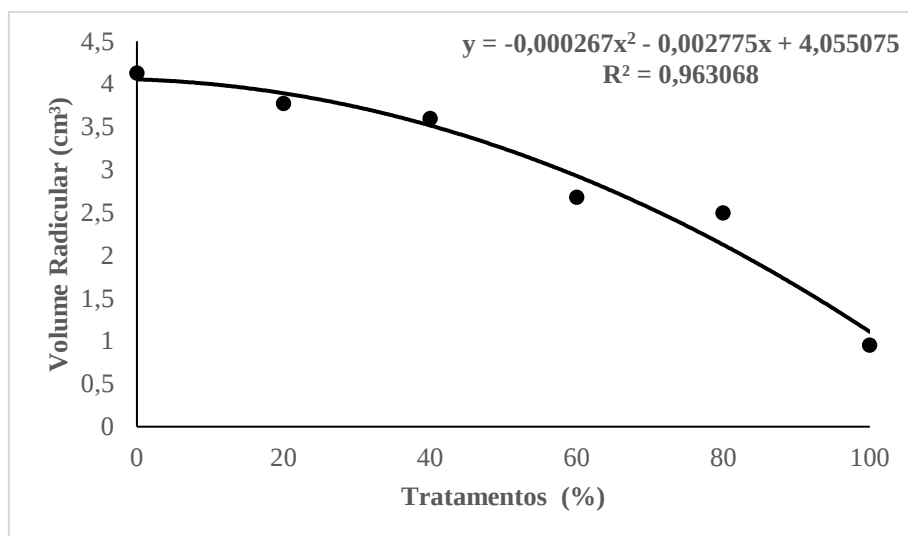
Tabela 10- Resumo da análise de variância para o diâmetro do coleto para estudo de regressão

Causas da Variação	GL	SQ	QM	Fc	R ² (%)
Reg. Linear R ²	1	60,811	60,811	91,217*	90,00*
Reg. Quadrática R ²	1	4,258	4,258	6,387*	96,31*
Desvios de regressão	3	2,495	0,832	1,248 ^{ns}	-
Tratamentos	5	67,564	13,513	20,269*	-
Média geral: 2,937			CV (%): 27,80		

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; *: significativo a 5 % pelo teste F

O VR diminui com o aumento da concentração de LETA no substrato (Figura 13), sendo o tratamento ET1 melhor para esse parâmetro.

Figura 13- Volume Radicular (VR) em função das concentrações de lodo no substrato



A absorção de nutrientes pelas plantas é diretamente proporcional ao seu volume radicular, sendo que quanto maior o volume de raízes, maior será o volume de solo explorado por essas, tornando essa característica de grande importância na absorção de nutrientes, principalmente para os que se deslocam pelo mecanismo de difusão (Ernani et al., 1994; Vilela & Anghinoni, 1984; Pinto, 2009).

5 CONCLUSÃO

Ao final do trabalho pode-se concluir que:

- As mudas quando cultivadas em 100% de concentração do lodo são influenciadas negativamente, tendo seus parâmetros morfológicos prejudicados;
- Há uma maior absorção de potássio nos tratamentos com maiores concentrações de lodo;
- A concentração de cobre e manganês aumentaram nas folhas dos tratamentos com maiores concentrações de lodo, sendo ruim para a planta essas altas concentrações, uma vez que em grande quantidade esses nutrientes se tornam tóxicos;
- A clorofila apresenta altos valores em concentrações de 80% do lodo no substrato;
- O lodo gerado no SAAE-Guanhães não apresenta alumínio disponível para as plantas, sendo que os nutrientes presentes no lodo responsáveis pela toxidez das mudas foram: potássio, cobre, manganês e ferro uma vez que em altas concentrações na planta e solo, inibem a absorção de outros nutrientes além de afetar parâmetros morfológicos importantes;
- O descarte do lodo da ETA do SAAE-Guanhães para a produção de mudas de eucalipto não se mostrou viável, uma vez que o tratamento ET1(100% de substrato), foi o melhor para diversos parâmetros morfológicos das mudas;
- O LETA para a produção de eucalipto não seria interessante, uma vez que essa cultura tem grande valor econômico, sendo que os parâmetros influenciados de forma negativa pelo LETA exercem influencia na produtividade das plantas adultas, sendo interessante o descarte desse LETA para a produção de mudas de reflorestamento, que não tenham valor econômico quando adultas, uma vez que não teria problemas se seus parâmetros morfológicos fossem afetados.

5.1 SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Cada ETA terá suas particularidades em seus LETA's, seria interessante que se testasse a influência desses diferentes lodos na produção de mudas de eucalipto. Outro trabalho válido seria a resposta de diferentes espécies florestais a diferentes concentrações desse lodo, para que se pudesse estabelecer quais espécies e concentrações são melhores.

REFERÊNCIAS

ABRAF: **ANUÁRIO estatístico, ano base 2009**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas, 2010.

ACHON, C. L. et al. **Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro**. 2. ed. São Pedro: EngSanitAmbie, 2013. 7 p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v18n2/a03v18n2>>. Acesso em: 26 set. 2017.

AHMAD, T.; AHAMAD K.; ALAM, M. **Sustainable management of water treatment sludge through 3‘R’ concept**. Journal of Cleaner Production. Vol 124, n. 15, p. 1-13, 2016.

ANDRADE, C. F.; SILVA, C. M.; OLIVEIRA, F. C. **Gestão ambiental em saneamento: uma revisão das alternativas para tratamento e disposição do lodo de eta e seus impactos na qualidade das águas**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte/MG–2014. 2014.

AUGUSTO, J. **Lodo de estação de tratamento de água na composição de substratos para produção de mudas de plantas da Caatinga**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9126>>. Acesso em: 25 out. 2019

AZEVEDO, A. C. M. et al. **DESENVOLVIMENTO INICIAL DO INGÁ CIPÓ (Inga edulis M.) EM ZONA RIPÁRIA DEGRADADA**. In: I II SEMINÁRIO DE BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS AMAZÔNICOS, 3., 2015, Alta Floresta. Seminario. Cáceres: Ppg Bioagro, 2015. v. 2, p. 115 - 119. Disponível em: <http://portal.unemat.br/media/files/bioagro_ciencias_florestais_007.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2017.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: Funep, v. 2, 1992.

Benincasa, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003, 42 p.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 1997.

BRISSETTE, J. C. **Summary of discussions about seedling quality**. Separata de: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES (1984.: Alexandria, LA). Proceedings... New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

CALDEIRA, M. V. et al. **Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha**. Scientia Agraria, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1970. 118p.

CARNEIRO, J. G. A. 1987. **Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros morfológicos de mudas de Pinus taeda e Pinus elliottii L.** Curitiba: Ed. EFP. 81 p.

CARNEIRO, J. G. de A. 1995. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 451p.

CARVALHO, A. J. E. **Uso de composto de resíduos da indústria têxtil na cultura da alface**. 2012. 48p. (Dissertação - Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

CLARKSON, D.T. **The uptake and translocation of manganese by plant roots**. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J. & UREN, N.C., eds. Manganese in soils and plants. Dordrecht, Kluwer Academic, 1988. p.101-111.

DENTEL, S.K. (1997) **Evaluation and role rheological in sludge management**.

DEVLIN, R. M. **Fisiologia vegetal**; tradução de Xavier Llimona Pagés, Barcelona: Omega, 1970. 614p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água** - vol. 02. 2ª Ed. São Carlos: RIMA, 2005. 792 p.

EDWARDS, D.G. & ASHER, C.J. **Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity**. In: SCAIFE, ed. **Plant nutrition colloquium, 8.**, Warwick, 1982. Proceedings Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureau, 1982. p.140- 150.

EPSTEIN, E. **Nutrição Mineral de Plantas; princípios e perspectivas**: São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

ERNANI, P. R.; SANTOS, J. C. P.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. **Prediction of phosphorus uptake by a mechanistic model in a low phosphorus highly weathered soil as affected by mycorrhizae inoculation**. Journal of Plant Nutrition, Monticello, v. 17, n. 6, p. 1067-1078, May 1994.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p.

FEDERAL, G. **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998**. 1998.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. Ciênc. agrotec. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em : ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FIGUEIREDO NETO, A. **Utilização de lodo de estação de tratamento de água na produção de mudas de árvores com ocorrência no cerrado**. 2011. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás.

FONTANA, A. O. **Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem dos filtros – Estudo de caso ETA Cardoso**. Dissertação Mestrado, UFSCar, São Carlos, São Paulo, 2004.

GERAIS, Minas. **Ministério Público do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: MPMG, 2009.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. 2002. **Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soil in the tropics with charcoal – a review**. Biology and Fertility of Soils, Berlin, v. 35, n. 4, p. 219-230.

GOMES, D. R. et al. **Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L.** CERNE, Lavras , v. 19, n. 1, p. 123-131, Mar. 2013 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602013000100015&lng=en&nrm=iso>. access on 25 Oct. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000100015>.

GOMES, J. M. et al. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização NPK**. Revista Árvore, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M. et al. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”**. Revista Árvore, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

ICEA, S. 61-402. **ICEA/NEMA Standards Publication Thermoplasticinsulated Wire and Cable for the Transmission and Distribution of Electrical Energy**, 1973.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 118, p. 1-24, jun. 2007.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. 1983.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2002. 167 p.

MAGUIRRE, J. D. **Speed of germination-aid seedling emergence and vigor**. Crop Science, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVASI, U. C. **Macropropagação vegetativa de coníferas–perspectivas biológicas e operacionais**. Floresta e Ambiente, v. 1, n. 1, p. 131-35, 1994.

MALAVOLTA, E. **Elements of plant nutrition**. Agronômica Ceres, São Paulo, SP, Brazil. 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 1997.

MARSCHNER, H.; CAKMAK, I. **Mechanism of phosphorus-induced zinc deficiency in cotton. II. Evidence for impaired shoot control of phosphorus uptake and translocation under zinc deficiency**. Physiologia plantarum, v. 68, n. 3, p. 491-496, 1986.

MENDES, F.P.F. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano**. 2004. 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen-Bern: International Postash Institute, 1987. 687p.

NBR, ABNT. 10.004/2004. **Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. **Compostagem**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz 2008, Piracicaba-SP.

OLIVEIRA, L. S.; BORGES, M. N.; DE LIMA, T. G. **O lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas**. Governador do Distrito Federal.

PADILHA, J. C. **APLICAÇÃO DE LODOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUA E ESGOTO EM LATOSSOLOS CULTIVADOS COM MILHO E SOJA**. 2007. 346 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciencias do Solo, Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAIVA, H. N. et al. **Cultivo de Eucalipto: Implantação e Manejo**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011. 354 p.

PCJ. (2011) Oficina de lançamento dos resultados da 1º Etapa. **Estudo de viabilidade para instalação e operação de centrais de lodos nas Bacias PCJ**. Consórcio das Bacias Hidrográficas PCJ Piracicaba, Capivari e Jundiá, 7 p. In: ACHON, C.L; Resíduos de

estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. Engenharia Sanitária e Ambiental.vol.18no.2Rio de JaneiroAbril/Junho 2013.

PINTO, S. I. C. **Cinética de absorção conjunta de fósforo, potássio, cálcio e magnésio e eficiência nutricional de macronutrientes de clones de eucalipto**. 2009. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PORTELLA, K. F.; ANDREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; SALES, A.; BARON, O. **Caracterização físico – química do lodo centrifugado da Estação de Tratamento de Água Passauna – Curitiba, PR**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville. Anais... Joinville: ABES, 2003.

REALI, M. A. P. **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. 1999.

REGENT INSTRUMENTS INC. **Programa Win Rhizo**. Disponível em: <http://www.regentinstruments.com/> Acesso em: 22 nov. 2019.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos: de estações de tratamento de água**. Edgard Blucher, 2001.

ROCHA, D. N. et al. **Utilização do lodo da estação de tratamento de água na produção de mudas de eucalipto**. Revista Agrogeoambiental, [S.l.], v. 7, n. 3, out. 2014. ISSN 2316-1817. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/617>>. Acesso em: 22 out. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v7n32015617>.

ROCHA, D.; BRAGA, J. M. **Adubação fosfatada em eucaliptos no viveiro**. 1. Interação entre espécies de eucaliptos e fontes de fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. 1982. p. 455-459.

SABAGG, M. G., MORITA, D. M. **Incorporação de lodo de estações de tratamento de água em blocos cerâmicos**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

SARZI, I. 2006. **Produção de mudas de ipê-amarelo variando a composição do substrato e as doses de adubação de cobertura**. 100 f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

SCHAFFER, L. H. **Comportamento de seis espécies arbóreas na recuperação de áreas degradadas por pastagens em relevo de planície no litoral do paraná, Brasil**. 2016. 8 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba,

2016. Disponível em: <<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/066 - LUIZ HENRIQUE SCHAFFERA art.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2017.

SCHONAU, A.P.G. **Seasonal changes in foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis***. South African Forestry Journal, Pretória, v.119, p.1-4, 1981.

SCHONAU, A.P.G. **The effects of fertilizing on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis***. Fertilizer Research, v.2, n.2, p.73-87, 1981.

SHEPHERD, D. R.; SA-ARDAVUT, P. **Allometric Relationships between Shoot and Root Development and between Leaf Dry Weight and Leaf Area in Provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.** Aust. For. Res., v. 14, p.265-270, 1984.

SILVA, E. T. da; MELO, W. J. de; TEIXEIRA, S. T. **Chemical attributes of a degraded soil after application of water treatment sludges**. Sci. Agric. v.62, n.6, p.559-563. 2008.

SILVA, PHM; STEIN, L. M. **Produção de mudas e recomendações de adubação no viveiro**. 2008.

SLATTER, P.T. (1997) **The Rheological Characterization of Sludges**. Water Science and Technology, v. 36, n. 11, p. 9-18.

SOARES, M.T.S. **Taxas de mineralização e de lixiviação do nitrogênio e alterações da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo degradado e outro não degradado fertilizados com biossólidos e florestados com *Eucalyptus grandis***. 2003. 132 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; SOUZA, J.L.S. **Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006. Water Science and Technology, v. 36, n. 11, p. 1-8.

TEIXEIRA S. T.; MELO, W. J. de; SILVA E. T. da. **Aplicação de lodo da estação de tratamento de água em solo degradado**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.1, p.91-94, jan. 2005.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa. 2001.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. **Fertilização em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus***. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2005. p. 167-190.

VIEIRA, L. A. N. et al. **Dimensionamento do setor florestal em Minas Gerais**. 004. ed. Lavras: Cerne, 2006. 12 v. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/doc__gerais_2845.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

VILELA, L.; ANGHINONI, I. **Morfologia do sistema radicular e cinética de absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio- fósforo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 8, n. 1, p. 91-96, jan./abr. 1984.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª Ed. DESA:UFMG –MG, 2014, 452 p.

ZANÃO JÚNIOR, L.A.; FONTES, R.L.F.; NEVES, J.C.L.; KORNDÖRFER, G.H. & ÁVILA, V.T. **Rice grown in nutrient solution with doses of manganese and silicon**. R. Bras. Ci. Solo, 34:1629-1639, 2010.

ZONTA, E.;BRASIL, F. C.; GOI, S, R.; ROSA, M. M. T. **O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico**. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: SBSCS. p. 8-52.

ANEXOS

Anexo 1- Análise química do lodo da ETA do SAAE-Guanhães



Universidade Federal de Viçosa
 Departamento de Solos
 Av. Peter Henry Rolfs s/n - Campus Universitário
 CEP: 36.570-900 - Viçosa - MG
 Telefone/Fax: (31) 3899-1064/3899-2637



Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante

Solicitação N°: 107/2019
Cliente: Grazielle Wolff de Almeida Carvalho
Cidade: São João Evangelista - MG
Telefone:

Entrada: 25/03/2019
Endereço: Av. 1º de Junho
CEP: 39705-000
Valor: 43,00

Saída: 03/04/2019
Bairro: Centro
Município:
Identificação: SAAE-Guanhães

Resultados de Análise Química de Solo

N° Laboratório	Referência do Cliente				pH H ₂ O	pH KCl	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca ²⁺
								mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmol _c /dm ³
1462	Amostra SAAE-Guanhães				5,68	-	-	5,3	20	-	0,98
N° Laboratório	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	%	%	%	dag/kg	mg/L
1462	0,09	0,00	8,3	1,12	1,12	9,42	11,9	0,0	-	14,67	27,7
N° Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm ³	mg/dm ³	dag/kg	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
1462	59,9	0,05	-	0,40	401,2	167,4	1,36	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5
 P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-1
 H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
 t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva
 V= Índice de Saturação por Bases
 ISNa - Índice de Saturação por Sódio
 P-rem = Fósforo Remanescente
 B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5
 Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/L
 SB = Soma de Bases Trocáveis
 T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
 m= Índice de Saturação por Alumínio
 MO (Mat. Orgânica) = C.Org x 1,724 -Walkley-Black
 S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético
 N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

OBS.: As amostras são mantidas por 60 dias para contraprova. A amostragem e as informações a respeito das amostras são de responsabilidade do cliente.

Reinaldo Bertola Cantarutti
 F0-32-33-AB-9D-31-18-29-D9-38-82-BD-C9-24-03-A9
 Para autenticar o laudo, acesse o site www.silas.ufv.br

