



**ADUBAÇÃO RESIDUAL DE COBERTURA NA PRODUÇÃO  
DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO**

**PEDRO HENRIQUE ALCÂNTARA DE CERQUEIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**ADUBAÇÃO RESIDUAL DE COBERTURA NA PRODUÇÃO  
DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO**

**PEDRO HENRIQUE ALCÂNTARA DE CERQUEIRA**

**ORIENTADOR: ANDERSON MARCOS DE SOUZA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-251/2015**

**BRASÍLIA/DF: ABRIL – 2015**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

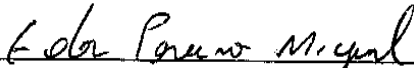
“ADUBAÇÃO RESIDUAL DE COBERTURA NA PRODUÇÃO DE MUDAS  
CLONAIS DE EUCALIPTO”

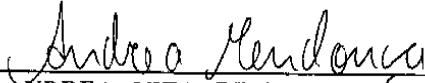
PEDRO HENRIQUE ALCÂNTARA DE CERQUEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup> Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Departamento de Engenharia  
Florestal-EFL/UnB);  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup> Dr. EDER PEREIRA MIGUEL (Departamento de Engenharia Florestal-  
EFL/UnB);  
(Examinador Interno)

  
\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup> Dra. ANDREA VITA REIS MENDONÇA (Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia – UFRB);  
(Examinador Externo)

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup> Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA (Departamento de Engenharia  
Florestal-EFL/UnB).  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 13 de abril de 2015.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A411a Alcântara de Cerqueira, Pedro Henrique  
Adubação residual de cobertura na produção de mudas  
clonais de eucalipto / Pedro Henrique Alcântara de  
Cerqueira; orientador Anderson Marcos De Souza. --  
Brasília, 2015.  
66 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências  
Florestais) -- Universidade de Brasília, 2015.

1. Fertirrigação. 2. Qualidade de mudas. 3.  
Reaproveitamento de resíduos. I. De Souza, Anderson  
Marcos, orient. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CERQUEIRA, P. H. A. 2015. **Adubação residual de cobertura na produção de mudas clonais de eucalipto**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-251/2015. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 66 f.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Pedro Henrique Alcântara de Cerqueira

TÍTULO: Adubação residual de cobertura na produção de mudas clonais de eucalipto.

GRAU: Mestre

ANO: 2015

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Pedro Henrique Alcântara de Cerqueira  
Pedrohenrique.alc@gmail.com

*“O que você viveu ninguém  
rouba.”*

(Gabriel Garcia Marquez)

A minha mãe, Maria Zélia e a todos os  
meus familiares.

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

À minha Mãe Maria Zélia, pelo amor incondicional e apoio ao longo de toda minha vida.

Ao meu pai Adalberto, pela amizade e apoio prestado.

Ao Professor Anderson Marcos por me orientar durante essa jornada. Muito obrigado pela paciência, confiança, atenção, ensinamentos, esclarecimentos e por todos os auxílios ao longo do mestrado.

Aos Professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da UNB, que contribuíram significativamente para minha formação.

Ao amigo Valter, proprietário do viveiro onde foi realizado o experimento, pela grande disponibilidade, entusiasmo e apoio ao longo de toda a pesquisa.

Ao Marquinhos, pela contribuição inestimável, e total apoio durante a realização da pesquisa.

A todos os funcionários do viveiro Via Verde Florestal, pela excelente recepção e companheirismo.

Aos amigos da Secretaria da Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da UnB, pelo grande apoio, presteza e auxílio acadêmico ao longo do programa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da UnB pela oportunidade e pelo grande apoio.

Ao governo Federal e a Capes pelo grande apoio e por ter disponibilizado a bolsa de mestrado.

A todos os membros da banca examinadora pela grande contribuição com o trabalho.

Aos amigos Glauce Taís e Gileno Brito, pela amizade, apoio e contribuições imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Aos amigos Douglas Silva e Marcos Vinícius, pela amizade e convivência ao longo do período do mestrado.

Aos amigos Guilherme Mendes e Gabriel Araujo, pela grande amizade, e parceria ao longo da minha vida.

Aos amigos Delbão e Danuzão, pela grande amizade.

A todos os meus familiares.

A todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram comigo nessa jornada.

**Muito obrigado a todos!**

## RESUMO

### ADUBAÇÃO RESIDUAL DE COBERTURA NA PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO

**Autor:** Pedro Henrique Alcântara de Cerqueira

**Orientador:** Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

**Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais**

**Brasília, 13 de Abril de 2015.**

No segmento de produção de mudas, os viveiros clonais do gênero *Eucalyptus* destacam-se pelo número de estabelecimentos e quantidades de mudas produzidas. Apesar do desenvolvimento da estrutura técnica e operacional dos viveiros clonais ao longo dos anos, poucos estabelecimentos apresentam sistemas de reaproveitamento de resíduos e efluentes do processo produtivo, o que pode ser considerado um problema eminente, pois a atividade produz quantidades consideráveis de efluentes. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a utilização do efluente oriundo do minijardim clonal, na produção de mudas clonais de eucalipto. O estudo foi realizado em um viveiro florestal situado no município de Abadiânia, Goiás. Utilizou-se três materiais genéticos, os clones AEC 144, GG 100 e VM 01. Para a produção das mudas, coletou-se as estacas no minijardim clonal, e após o estaqueamento, as mudas foram encaminhada à casa de vegetação para enraizamento, com temperatura em torno de 27 °C, e umidade relativa entorno de 80%, durante 28 dias. Após o período de permanência na estufa, as mudas foram transferidas para casa de sombra, permanecendo durante 4 dias, sendo posteriormente alocadas a pleno sol, onde iniciou-se a aplicação dos tratamentos. O experimento foi instalado considerando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 11 tratamentos, envolvendo diferentes frequências e lâminas de fertirrigação residual, bem como a utilização da adubação convencional utilizada pelo viveiro e a testemunha, sem uso de adubação. Foram consideradas 5 repetições de 10 mudas, e os clones foram avaliados separadamente. Para a avaliação da qualidade das mudas, as variáveis analisadas foram: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF), massas secas da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), incremento corrente em altura (ICA), incremento corrente em diâmetro (ICD), bem como as relações entre as variáveis, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), e os teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas. Os resultados demonstraram que para os clones AEC 144 e VM 01 os tratamentos que utilizaram as maiores frequências de aplicação, associados às maiores lâminas do efluente do minijardim clonal (tratamentos T2 e T3), proporcionaram no geral maior qualidade das mudas. Já para o clone GG 100 o tratamento com três aplicações semanais e lâmina de 1 mm (tratamento T7), apresentou os melhores resultados quando conjugado todos as características morfológicas e nutricionais analisadas. A utilização do efluente do minijardim clonal na adubação de mudas de eucalipto apresentou resultados promissores, pois além de propiciar a produção de mudas com maior padrão de qualidade, permitiu um reaproveitamento adequado do efluente gerado no sistema produtivo.

**Palavras-chave:** Fertirrigação, qualidade de mudas, reaproveitamento de resíduos.



## ABSTRACT

### FERTILIZATION RESIDUAL COVERAGE IN SEEDLING PRODUCTION EUCALYPTUS CLONAL

**Author:** Pedro Henrique Alcântara de Cerqueira

**Advisor:** Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

**Post Graduate Programme in Forest Sciences**

**Brasília/DF, April 2015.**

In the segment of seedling production, the clonal nurseries of the *Eucalyptus* genus are distinguished by the number of establishments and the quantities of seedlings produced. Despite the development of the technical and operational infrastructure of clonal nurseries over the years, very few establishments feature reuse systems for the waste and effluents from the productive process, which can be considered an eminent problem since the activity produces considerable quantities of effluents. In this sense, the present study aimed at evaluating the influence in the use of the effluent from the clonal mini garden, in the production of eucalyptus clonal seedlings. The study was performed at a forest nursery located in the municipality of Abadiânia, Goiás. Three genetic materials were used, the AEC 144, GG 100 and VM 01 clones. For the production of seedlings, stem cuttings were collected in the clonal mini garden, and after staking, the seedlings were forwarded to the greenhouse for rooting, with temperature around 27°C and relative humidity of about 80%, during 28 days. After the period in the greenhouse, the seedlings were transferred to the shade house, staying there for 4 days, and then being subsequently placed under direct sunlight, where treatment application started. The experiment was carried out considering a totally randomized design (TRD), with 11 treatments, involving different frequencies and residual fertirrigation blades, as well as the use of conventional fertilization used by the nursery and control, without the use of fertilizers. Five repetitions of ten seedlings were considered, and the clones were evaluated separately. For assessing seedling quality, the variables analyzed were: aerial part height (H), root collar diameter (D), number of leaves (NF), shoot dry weight (MSPA), root dry weight (MSR) and total dry matter (MST), current increment in height (ICA), current increment in diameter (ICD), as well as the relations between the variables, such as aerial part height and the root collar diameter (H/D), shoot dry weight and root dry weight (MSPA/MSR), Dickson quality index (IQD), and the macro and micro nutrients present in the leaves. The results showed that for clones AEC 144 and VM 01, the treatments using greater frequencies of application, associated to the larger effluent blades from the clonal mini garden (treatments T2 and T3), provided the higher quality seedlings overall. For clone GG 100, the treatment with three weekly applications and 1 mm blade (treatment T7), presented the best results when combined to all morphological and nutritional characteristics analyzed. The use of the effluent from the clonal mini garden for fertilizing eucalyptus seedlings presented promising results, because in addition to providing the production of higher quality seedlings, it also allowed for the adequate reuse of the effluent generated in the productive system.

**Keywords:** Fertigation, seedling quality, waste reuse.

# SUMÁRIO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LISTA DE TABELAS</b> .....   | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE FIGURAS</b> .....   | <b>xiii</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>1</b>    |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....   | <b>2</b>    |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....  | 2           |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....  | 2           |
| <b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | <b>3</b>    |
| 3.1 A SILVICULTURA DO EUCALIPTO.....  | 3           |
| 3.2 EVOLUÇÃO DA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO EUCALIPTO.....   | 4           |
| 3.3 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS.....                                | 6           |
| 3.4 QUALIDADE DE ÁGUAS PARA REAPROVEITAMENTO AGRÍCOLA .....                                     | 8           |
| 3.5 QUALIDADE DE MUDAS .....  | 10          |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....  | <b>12</b>   |
| 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....  | 12          |
| 4.2 MANEJO, CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E DA ADUBAÇÃO<br>CONVENCIONAL UTILIZADA NO VIVEIRO ..... | 12          |
| 4.2.1 Manejo do minijardim clonal .....   | 12          |
| 4.2.2 Caracterização do efluente oriundo do minijardim clonal.....                              | 12          |
| 4.2.3 Caracterização da adubação de cobertura utilizada pelo viveiro.....                       | 13          |
| 4.3 MATERIAL GENÉTICO UTILIZADO.....  | 13          |
| 4.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS CLONAIS .....  | 14          |
| 4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....  | 14          |
| 4.6 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO .....   | 15          |
| 4.7 PARÂMETROS AVALIADOS.....   | 17          |
| 4.8 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS .....   | 18          |
| <b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | <b>18</b>   |
| 5.1 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE DO MINIJARDIM CLONAL.....                                       | 18          |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA .....                           | 20        |
| 5.2.1 Altura, diâmetro do coleto e número de folhas .....      | 20        |
| 5.2.2 Incremento corrente em altura e diâmetro do coleto ..... | 29        |
| 5.2.3 Massas secas e variáveis de qualidade .....              | 34        |
| 5.5 ANÁLISES NUTRICIONAIS .....                                | 40        |
| 5.5.1 Macronutrientes.....                                     | 40        |
| 5.5.2 Micronutrientes .....                                    | 47        |
| 5.6 DISCUSSÃO INTEGRADA DOS PARÂMETROS .....                   | 56        |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>                                       | <b>58</b> |
| <b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                     | <b>59</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1.</b> Evolução da produtividade dos jardins clonais.....  | 6  |
| <b>Tabela 2.</b> Guia geral para salinidade da água de irrigação.....  | 9  |
| <b>Tabela 3.</b> Critérios da qualidade da água de irrigação no que se refere aos micronutrientes.....   | 10 |
| <b>Tabela 4.</b> Faixa de nutrientes em níveis adequados para mudas de <i>Eucalyptus</i> em fase de expedição.....   | 11 |
| <b>Tabela 5.</b> Características químicas da adubação de cobertura utilizada no viveiro.....   | 13 |
| <b>Tabela 6.</b> Tratamentos utilizados no experimento.....  | 15 |
| <b>Tabela 7.</b> Caracterização química do efluente do minijardim clonal utilizado na adubação das mudas e recomendação de adubação diária na fase de rustificação para <i>Eucalyptus</i> spp. desenvolvidos por Higashi e al. (2002)..... | 19 |
| <b>Tabela 8.</b> Resumo da análise de variância para as variáveis morfológicas de altura, diâmetro do coleto e número de folhas aos 60, 90 e 120 dias de idade.....  | 21 |
| <b>Tabela 9.</b> Análise de variância do incremento corrente em altura e diâmetro do coleto nas mudas clonais de eucalipto.....  | 29 |
| <b>Tabela 10.</b> Resumo da análise de variância para as relações de massa seca, altura x diâmetro do coleto e Índice de qualidade de Dickson.....   | 34 |
| <b>Tabela 11.</b> Valores médios para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), dos três clones avaliados, aos 120 dias após início dos tratamentos.....  | 35 |
| <b>Tabela 12.</b> Valores médios para relação altura x diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea x massa seca de raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD).....   | 36 |
| <b>Tabela 13.</b> Resumo dos tratamentos que apresentaram valores adequados para cada variável analisada.....  | 38 |
| <b>Tabela 14.</b> Resumo da análise de variância da concentração de macronutrientes nas folhas das mudas clonais de eucalipto.....   | 40 |
| <b>Tabela 15.</b> Valores médios da concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas das mudas clonais de eucalipto.....  | 41 |
| <b>Tabela 16.</b> Valores médios da concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas das mudas clonais de eucalipto.....  | 44 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 17.</b> Resumo da análise de variância da concentração de micronutrientes nas folhas das mudas clonais de eucalipto em viveiro.....                               | 47 |
| <b>Tabela 18.</b> Valores médios da concentração dos elementos boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), nas folhas das mudas clonais de eucalipto..... | 48 |
| <b>Tabela 19.</b> Resumo dos tratamentos que apresentaram os melhores resultados de acordo com as faixas consideradas adequadas para cada nutriente analisado.....          | 52 |
| <b>Tabela 20.</b> Correlação de Pearson entre as concentrações de macro e micronutrientes presentes nas folhas e as variáveis morfológicas analisadas.....                  | 54 |

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Diferentes tipos de minijardim clujonal na produção de *Eucalyptus spp.* A) Jardim clonal instalado diretamente no campo; B) Minijardim clonal em recipiente de espuma fenólica; C) Minijardim clonal em vasos; D) Minijardim Clonal canaletão de cimento com leito de areia.....5

**Figura 2.** A) Tratamentos dispostos a pleno sol; B) Tratamentos dispostos a pleno sol; C) Minijardim clonal do viveiro; D) Canos de drenagem do minijardim clonal; E) Coleta do efluente; F) Preparo da adubação convencional praticada pelo viveiro.....16

**Figura 3.** A) Retirada dos substratos das raízes; B) Mudanças limpas e aptas para o seccionamento das raízes; C) Pesagem da massa seca de raiz (MSR).....18

**Figura 4.** Valores médios de altura da parte aérea de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).....22

**Figura 5.** Valores médios de diâmetro do coleto de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).....26

**Figura 6.** Valores médios do número de folhas de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).....28

**Figura 7.** Valores médios do incremento corrente em altura de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).....32

**Figura 8.** Valores médios do incremento corrente em diâmetro do coleto de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).....33

# 1. INTRODUÇÃO

A busca por destinações corretas de resíduos e efluentes gerados pelas diversas atividades produtivas representa atualmente um grande desafio para sociedade, uma vez que se manejados de forma inadequada poderão gerar sérios impactos ao meio em que estão inseridos.

Vários fatores contribuem para a reutilização de efluentes, dentre eles a escassez de recursos hídricos, o reaproveitamento de nutrientes e as vantagens decorrentes de controle da poluição ambiental (BASTOS, 2003).

O uso de efluentes na agricultura tem sido praticado há bastante tempo em várias partes do mundo. A opção pela reutilização de efluentes, quase sempre ocorre quando água de boa qualidade não é disponível, ou é difícil de ser obtida, então, águas de qualidade inferior, são utilizadas, principalmente na agricultura (HESPANHOL, 2003).

No segmento de produção de mudas, os viveiros clonais do gênero *Eucalyptus* destacam-se pelo número de estabelecimentos e quantidade de mudas produzidas, demanda esta, oriunda das atividades da silvicultura brasileira, pautada principalmente no uso do gênero para diversas finalidades (FREITAS et al., 2013). O setor situa-se como um grande consumidor de água e fertilizantes, tornando-se a otimização de utilização desses insumos um fator de elevada importância (FREITAG, 2007).

Apesar do desenvolvimento da estrutura técnica e operacional dos viveiros clonais do gênero *Eucalyptus* ao longo dos anos, poucos estabelecimentos possuem sistemas de reaproveitamento de resíduos e efluentes do processo produtivo. Isso se torna um problema eminente considerando que a atividade produz quantidades consideráveis de efluentes.

Um setor que possui elevada geração de efluentes em um viveiro clonal de eucalipto é o minijardim clonal semi-hidropônico, que para sustentar grandes produções de propágulos vegetativos, deve possuir um bom manejo nutricional, disponibilizando nutrientes em quantidades adequadas para as matrizes clonais (BELLAMINE et al., 1998; JOSTEN; KUTSCHERA, 1999; SCHWAMBACH et al., 2005).

O processo de nutrição adotado neste tipo de sistema é composto por macro e micronutrientes, que variam de acordo com o material genético (clone), com o ambiente e com o sistema de condução adotado para as minicepas. Normalmente o manejo nutricional é realizado através de fertirrigações via gotejamento, em sistemas automatizados (HIGASHI et al., 2002).



Em estudo desenvolvido por Rodrigues (2007), avaliando o uso da água em unidades de produção de mudas, o autor constatou que do total de solução de fertirrigação aplicados diariamente nos canaletões do minijardim clonal semi-hidropônico, cerca de 200 L, o que corresponde à 40% da fertirrigação aplicada diariamente, é drenada, representando uma elevada perda de nutrientes por lixiviação, conseqüentemente refletindo em perdas financeiras para o viveiro.

Neste contexto, o desenvolvimento de estudos visando o reaproveitamento de resíduos e efluentes oriundos do processo produtivo de mudas, pode contribuir significativamente para otimização dos viveiros, gerando ganhos financeiros decorrentes da economia de insumos, bem como minimizando os impactos ambientais oriundos dos descartes dos efluentes gerados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o uso do resíduo do minijardim clonal como adubação residual de cobertura na produção de mudas de três clones de eucalipto.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar a possibilidade de utilização do efluente do minijardim clonal como adubação residual de cobertura no processo de produção de mudas clonais em viveiro;
- Determinar a frequência de aplicação do efluente do minijardim clonal nas mudas de eucalipto;
- Avaliar o efeito de diferentes lâminas de fertirrigação sobre as mudas clonais de eucalipto;
- Avaliar a qualidade e o estado nutricional das mudas clonais submetidas aos tratamentos com fertirrigação residual.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A SILVICULTURA DO EUCALIPTO

A silvicultura é uma importante atividade que visa suprir o consumo de matéria-prima proveniente de fontes florestais, diminuindo a pressão e impactos sobre os remanescentes de vegetações nativas (GUIMARÃES et al., 2008). A produção florestal no Brasil com espécies de rápido crescimento, tanto para uso doméstico como industrial, tornou-se um modelo de sucesso a ser seguido por outros países (PENSAF, 2006). Isto se deu a partir de investimentos em pesquisas na área florestal, que propiciaram o desenvolvimento e domínio tecnológico necessário, permitindo alcançar elevados índices de produtividade e todos os benefícios socioambientais oriundos da atividade.

Globalmente, o segmento florestal possui importância como fornecedor de matéria-prima e energia para a indústria de transformação e construção civil. Tradicionalmente o setor divide-se em algumas áreas principais, como: carvão vegetal, papel e celulose, móveis e madeira processada mecanicamente, além de vários produtos não madeireiros (SBS, 2008).

O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e pertence à família Myrtaceae, amplamente difundida nas regiões tropicais. Cerca de 670 espécies já foram identificadas e descritas pelo Serviço Florestal Australiano, além do elevado número de espécies, existem vários híbridos produzidos por empresas de bases florestais (MARTINI, 2013).

O gênero tem como uma das principais características o rápido crescimento, além de possuir sistema radicular bem desenvolvido e amplitude de aclimação para diversas regiões, possuindo um elevado potencial de utilização em programas de silvicultura (SOARES, 2000).

Estima-se que no Brasil a área de plantio com o gênero, ultrapasse 5,10 milhões de hectares, representando 70,8% da área total de plantios florestais no país, sendo os estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Bahia e Mato Grosso do Sul os de maiores representatividade com espécies do gênero (ABRAF, 2013).

A intensificação da demanda por produtos de origem florestal implicou em uma busca crescente pelo desenvolvimento de novas tecnologias em florestas de rápido crescimento (ROSA, 2006). No Brasil, ganhos significativos na produtividade de eucalipto vêm sendo obtidos principalmente através do melhoramento genético. A adoção de técnicas silviculturais mais intensivas (preparo do solo, fertilização adequada, combate a pragas e doenças, etc.) aliada à reintrodução de novos materiais genéticos, resultaram em

elevados ganhos de produção. Uma técnica que proporcionou resultados consideráveis em relação à produção e qualidade da madeira foi a propagação clonal, que permitiu a maximização de ganhos em uma única geração, mantendo as características favoráveis, evitando a variabilidade encontrada em árvores obtidas a partir de sementes (HIGASHI et al., 2000).

### **3.2 EVOLUÇÃO DA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO EUCALIPTO**

Entre os métodos em escala comercial de propagação vegetativa, a estaquia é a principal técnica usada na silvicultura clonal intensiva do gênero *Eucalyptus*. Trata-se de um processo que consiste na inserção de um segmento caulinar, foliar ou radicular em meio adequado para enraizamento e desenvolvimento da parte aérea, visando à formação de uma muda (XAVIER et al., 2009).

O processo de propagação clonal do gênero avançou de forma significativa ao longo dos anos. Inicialmente a produção em larga escala de mudas clonais era realizada através da estaquia convencional. Ou seja, após o processo de seleção de genótipos superiores por meio dos testes clonais, estabeleciam-se as áreas de multiplicação dos clones selecionados, denominado jardim clonal (HIGASHI et al., 2000). O jardim clonal era construído em um local específico próximo ao viveiro, sendo implantado diretamente no campo em espaçamentos variados, com adensamento em torno de 40.000 plantas por hectare, e com frequência das coletas de propágulo entre 7 a 45 dias (XAVIER et al., 2009).

Entretanto, devido alguns materiais vegetativos possuírem dificuldades de propagação via técnica de estaquia, principalmente pelos baixos índices de enraizamento e baixa qualidade do sistema radicular, desenvolveram-se metodologias de propagação que aperfeiçoaram a técnica de estaquia, as quais proporcionaram a minimização de algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente no que concerne ao enraizamento (XAVIER et al., 2001).

Em 1996, pesquisadores do IPEF iniciaram alguns estudos, buscando aprimoramento e desenvolvimento de uma técnica de estaquia denominada miniestaquia (IPEF, 1996). A miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional como fonte de propágulo vegetativo. Em uma sequência esquemática dessa técnica, inicialmente, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada e, após a emissão de brotações das gemas axilares na porção remanescente da muda, são coletadas miniestacas para enraizamento, e assim, sucessivamente, novas

coletas são realizadas em intervalos variáveis, em função do crescimento e vigor das brotações (WENDLING et al., 2002).

Dessa forma a parte basal da brotação da muda podada constitui-se em uma minicepa, que fornecerá as brotações a serem utilizadas na formação das futuras mudas clonais. O conjunto das minicepas constitui-se no minijardim clonal (XAVIER et al., 2009). Para concepção do minijardim clonal alguns sistemas hidropônicos foram testados como, floating, calhas de fibra de vidro com substrato do tipo resina fenólica, calhas de cimento-amianto com areia, conforme (Figura 1).



**Figura 1.** Diferentes tipos de minijardim clonal utilizados na produção de *Eucalyptus* spp. A) Jardim clonal instalado diretamente no campo; B) Minijardim clonal em recipiente de espuma fenólica; C) Minijardim clonal em vasos; D) Minijardim Clonal em canaletão de cimento com leito de areia.

O processo de miniestaquia atualmente é o método de propagação mais utilizado pelas empresas florestais brasileiras para clonagem do gênero *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007), sendo os canaletões de alvenaria os mais utilizados pelas empresas produtoras de mudas, uma vez que, por possuírem maior resistência e maiores dimensões, permitem um melhor desenvolvimento do sistema radicular das minicepas (ASSIS e MAFIA, 2007).

O minijardim clonal em canaletão é um sistema semi-hidropônico composto por uma calha de cimento-amianto ou de alvenaria, ou mesmo de outro material similar, com

comprimento e largura variáveis, que contém no seu interior material inerte (geralmente areia) para sustentação das minicepas (HIGASHI et al., 2002).

A possibilidade de maior controle ambiental, nutricional e fitopatológico das matrizes clonais, resultou em maiores taxas de enraizamento, maior uniformidade e rejuvenescimento das miniestacas e, sobretudo um aumento significativo de produtividade por unidade de área (Tabela 1).

**Tabela 1.** Evolução da produtividade dos jardins clonais.

| Local   | Espaçamento de plantio             | Idade da primeira poda (dias) | Frequência de coleta (dias) | Tamanho da estaca (cm) | Produtividade média (estacas/m <sup>2</sup> /ano) | Período            |
|---------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|---|--------------------|
| Campo   | 3 x 3 m                            | 540                           | 30 - 40                     | 10 - 15                | 114   | Década de 80       |
| Campo   | 1 x 1,5 m                          | 180                           | 40 - 60                     | *                      | 121   | Início dos anos 90 |
| Campo   | 0,5 x 0,5 m                        | 30 - 40                       | 40 - 60                     | 6 - 8                  | 1752  | 1995 - 1999        |
| Viveiro | Tubete (55 cm <sup>3</sup> )       | 30 - 40                       | 15 - 20                     | 2 - 3                  | 29200   | 1996               |
| Viveiro | 0,1 x 0,1 m<br>Sistema hidropônico | 20 - 30                       | 7 - 15                      | 2 - 3                  | 41480   | 1999               |

Fonte: Adaptado de Higashi et al. (2000). m = Metros; cm<sup>3</sup> = Centímetro cúbico; \* Valor não informado pelo autor.

### 3.3 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES NA PRODUÇÃO DE MUDAS

A reutilização de resíduos e efluentes em atividades produtivas não é um conceito novo e há muitos anos vem sendo utilizada em todo mundo. Existem relatos de sua prática desde a Grécia antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água e nutrientes nas diversas culturas tem feito desta prática um tema atual e de grande importância (FREIRE, 2011).

Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos a nível mundial estão tornando-se cada vez mais escassos devido às atividades desenvolvidas intensivamente nas bacias hidrográficas, alterando tanto a quantidade como a qualidade das águas (TUNDISI, 1999).

A reutilização de resíduos consiste em sua utilização em mais de um processo, desde que estes apresentem qualidade mínima requerida de uso pelos padrões e normas sanitárias. A grande vantagem do aproveitamento de efluentes residuários para fins agrícolas reside na conservação da água disponível, e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos (VAN DER HOEK et al., 2002).

Muitos países localizados em regiões áridas e semi-áridas têm incluído a reutilização da água no planejamento de recursos hídricos, haja vista que a escassez de água de boa qualidade tem limitado o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Nesse sentido, os efluentes estão constituindo parte integrante do plano nacional dos recursos hídricos de vários países (TANJI, 1997; BOUWER, 2000).

Pensando na reutilização futura de efluentes, o segmento florestal, por suas peculiaridades, mostra-se como uma alternativa promissora, principalmente por envolver atividades realizadas em grande escala, e por geralmente não envolver a produção de alimentos para consumo e nem riscos a saúde (CROMER, 1980).

No entanto, Souza et al. (2005) advertem que fertirrigações com águas residuárias não devem ser praticadas de forma empírica. O aproveitamento dos possíveis fertilizantes existentes sem as devidas quantificações podem gerar problemas relacionados à contaminação ou toxidez de solo e plantas, causando desequilíbrio ambiental, bem como prejuízos econômicos para o empreendimento. Devido a estes fatores, o monitoramento da água residuária, através das análises físicas e químicas, se mostra importante.

Algumas pesquisas desenvolvidas utilizando águas residuárias na produção de mudas de espécies florestais têm apresentado resultados satisfatórios e promissores. Em pesquisa utilizando o lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, Palissari et al. (2009) concluíram que o parâmetro altura de plantas foi o que melhor exibiu resposta frente aos tratamentos, sendo que a água residuária da suinocultura propiciou resultados que podem antecipar o tempo de permanência das mudas em viveiro.

Já em pesquisa desenvolvida por Augusto et al. (2007), analisando águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgoto doméstico na produção de mudas de eucalipto, os autores concluíram que o efluente pode ser utilizado na fertirrigação para a produção de mudas do gênero, pois todas as plantas sobreviveram, sem deficiência ou toxidez aparente de nutrientes. No entanto, esses autores registraram um menor desenvolvimento nas mudas produzidas com água residuária quando comparadas com aquelas produzidas com fertilizantes químicos, em razão da menor disponibilidade de macronutrientes, evidenciando que essas mudas necessitarão de maior tempo no viveiro, quando comparadas com as produzidas com fertilizantes minerais.

Costa et al. (2012), avaliando o uso de diferentes concentrações de efluentes doméstico tratado, na produção de mudas de *Enterolobium timbouva* (Timbaúba), verificaram que o tratamento utilizando 100% de água residuária foi o que apresentou os

melhores desempenhos na maioria das variáveis estudadas, como matéria fresca e seca da raiz, número de folhas e tamanho de raiz. Os autores concluíram que a utilização deste tipo de efluente para a produção de mudas da espécie pode se tornar uma alternativa viável, desde que monitorados regularmente a qualidade do efluente.

Em estudo analisando o uso do resíduo de algodão da indústria têxtil no substrato para produção de mudas florestais, Caldeira et al. (2008), verificaram que as mudas de *Inga sessilis* (Ingá) e *Tabebuia impetiginosa* (Ipê roxo), estabelecidas no tratamento com utilização de 25% de algodão compostado incorporado ao substrato, possuíam melhor desenvolvimento para as variáveis morfológicas analisadas. Além de apresentar outras vantagens, como redução da densidade aparente e global do substrato e aumento da porosidade do meio.

Neste contexto a realização de pesquisas que visem o potencial de utilização de resíduos e efluentes em processos produtivos, é de suma importância, uma vez que as gerações de resíduos urbanos e industriais aumentaram significativamente ao longo dos anos, causando grandes impactos ao meio ambiente quando tratados ou descartados de forma inadequada.

### **3.4 QUALIDADE DE ÁGUAS PARA REAPROVEITAMENTO AGRÍCOLA**

A maioria das informações encontradas na literatura sobre qualidade de água, para aproveitamento em atividades agrícolas e florestais refere-se ao seu uso como água de irrigação, logo as quantidades aplicadas nas culturas são consideravelmente superiores quando comparado com fertirrigação. Entretanto, as informações encontradas podem ser úteis para predição dos problemas que podem ocorrer pela presença de determinadas características.

O conceito de qualidade está atrelado ao estabelecimento de padrões, ou características que definem um bem ou serviço que atende as necessidades do uso a que ele se destina (BLUM, 2003). No entanto, os critérios de qualidade de resíduos e efluentes para uso nas atividades agrícolas e florestais, não possuem uma definição clara. Para que se possa fazer a correta interpretação das suas utilizações para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados aos seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação (BERNARDO et al., 2005).

De acordo com Rezende (2003), a avaliação da qualidade de águas residuárias requeridas para irrigação, possuem diversos aspectos e fatores que devem ser observados,

entre os mais importantes estão, os riscos à saúde, a salinidade, a toxicidade específica de íons, a concentração de nutrientes e o pH.

Com relação à salinidade a finalidade mais importante do seu controle é manter o rendimento das culturas em níveis aceitáveis. Os níveis de salinidade na água de irrigação ou em efluentes relacionam-se à disponibilidade da água para as plantas e também ao estresse salino, fatores que limitam o crescimento e a produção das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas (HOFFMAN et al.,1983).

Uma classificação da qualidade da água para irrigação, em termos de risco de salinidade, foi elaborada por McNeal (1981) e apresentada na (Tabela 2).

**Tabela 2.** Guia geral para salinidade da água de irrigação.

| Classificação  | C.E (dS m <sup>-1</sup> ) |
|--|---------------------------|
| Águas sem efeitos deletérios conhecidos  | ≤ 0,75                    |
| Águas de efeitos deletérios para culturas sensíveis  | 0,75 – 1,5                |
| Águas que podem ter efeitos deletérios para muitas culturas, requerendo cuidados no manejo           | 1,5 - 3                   |
| Águas que podem ser usadas para culturas tolerantes em solos permeáveis, requerendo cuidadoso manejo | 3 – 7,5                   |

Adaptado de USEPA, 1981; C.E = Condutividade elétrica; dS m<sup>-1</sup> = DeciSiemens por metro.

Já o potencial hidrogeniônico (pH) indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água (VON SPERLING, 1996). O pH pode ser o fator limitante à aplicação dos efluentes no solo, já que, condições de alta acidez podem trazer problemas de toxicidade, como a disponibilização de alguns metais, enquanto que alcalinidade pode proporcionar indisponibilidade de grande parte dos micronutrientes essenciais às plantas. Segundo Gheyi et al. (1997), a faixa ótima de pH no efluente a ser aplicado ao solo deverá estar entre 6,5 e 8,5, permitindo, assim, prever os efeitos adversos relacionados à disponibilidade de nutrientes.

Com relação ao grau de toxidez presente em águas residuárias, alguns íons quando encontrados em concentrações elevadas, podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (HOLANDA e AMORIM, 1997).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), os sintomas de toxidez manifestam-se quando os íons tóxicos são absorvidos pelas folhas durante a irrigação. Causando danos como queimadura nas bordas das folhas e clorose entre as nervuras. As culturas anuais são mais tolerantes do que as perenes. A acumulação dos íons em concentrações tóxicas pode



ser lenta, e assim os sintomas visuais dos danos desenvolvem-se paulatinamente (FERREIRA, 2005).

Na tabela 3, estão apresentados limites máximos de micronutrientes recomendados para utilização em irrigação de acordo com Ayers e Westcot (1999). Estas diretrizes foram formuladas prevendo o risco potencial à produção da cultura associada à irrigação por curtos períodos.

**Tabela 3.** Critérios da qualidade da água de irrigação no que se refere aos micronutrientes.

| <b>Micronutrientes</b> | <b>Limites máximos recomendados (mg kg<sup>-1</sup>)</b> |
|------------------------|--|
| Boro (B)               | 0,75   |
| Cobre (Cu)             | 0,20   |
| Manganês (Mg)          | 0,20   |
| Molibdênio (Mo)        | 0,01   |
| Cobalto (Co)           | 0,05   |
| Zinco (Zn)             | 2,00   |
| Ferro (Fe)             | 5,00   |

Adaptado, UNEP (1996). Concentração máxima baseada na taxa de aplicação consistente com boas práticas de irrigação, para uso contínuo de água num mesmo lugar; mg kg<sup>-1</sup> = miligramas por quilogramas.

### 3.5 QUALIDADE DE MUDAS

O êxito na formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da qualidade das mudas plantadas, pois após o plantio, estas têm de resistir às condições adversas do campo, e produzirem árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (GOMES e PAIVA, 2004).

De acordo com Wendling et al. (2001), mudas de boa qualidade possuem como características, sistema radicular e parte aérea bem formados, ausência de pragas e doenças e sintomas de deficiência nutricional, além de terem altas taxas de sobrevivência e desenvolvimento após o plantio.

Na determinação da qualidade das mudas, as variáveis utilizadas baseiam-se nos aspectos morfológicos, ou nos aspectos internos das mudas, denominados de fisiológicos (GOMES et al., 2002). As características morfológicas atualmente são mais utilizadas para a determinação do padrão de qualidade das mudas, pois são de melhor compreensão e maior facilidade de obtenção (FONSECA et al., 2006). As características morfológicas mais utilizadas para determinar a qualidade das mudas são: altura, diâmetro do coleto, relação entre altura e diâmetro do coleto (H/D), os valores de matéria seca e suas

interações, tais como a relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca das raízes (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960).

Outra variável muito utilizado na avaliação da qualidade de mudas é a diagnose foliar, que tem por finalidade determinar o estado nutricional das mudas através dos níveis de nutrientes presentes na folha da planta e posteriormente comparar com padrões nutricionais estabelecidos na literatura para a espécie (LIMA et al., 2006).

A diagnose foliar na fase de viveiro deve levar em consideração o estágio de desenvolvimento das mudas, uma vez que a concentração dos nutrientes nas folhas diminui com o aumento da idade nas mudas (SILVEIRA et al., 2001). As faixas de concentração de nutrientes nas folhas, consideradas adequadas para mudas do gênero *Eucalyptus*, em fase de expedição encontram-se na (Tabela 4).

**Tabela 4.** Faixa de nutrientes em níveis adequados para mudas de *Eucalyptus* em fase de expedição.

| Faixa adequada                              |                        |              |
|---|------------------------|--------------|
| Elementos                                   | Silveira et al. (1999) | Leite (2003) |
| <b>Macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>)</b>  |                        |              |
| N   | 22 – 27                | 20 – 25      |
| P   | 1,7 – 2,2              | 2,5 – 3      |
| K   | 8,5 – 9,0              | 20 – 25      |
| Ca  | 7,1 – 11               | 9            |
| Mg  | 2,5 – 2,8              | 3,5          |
| S   | 1,5 – 2,1              | 2,5          |
| <b>Micronutrientes (mg kg<sup>-1</sup>)</b> |                        |              |
| B   | 34 – 44                | 40 – 60      |
| Cu  | 6 – 7                  | 15           |
| Fe  | 65 – 125               | 200          |
| Mn  | 200 – 840              | 600          |
| Zn  | 15 - 20                | 35           |

g kg<sup>-1</sup> = Gramas por quilogramas; mg kg<sup>-1</sup> = miligramas por quilogramas. N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; B = Boro; Cu = Cobre; Fe = Ferro Manganês; Zn = Zinco.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A pesquisa foi desenvolvida no viveiro clonal da empresa Via Verde Florestal, localizado no município de Abadiânia, Goiás, sobre as coordenadas 16°12'31" S e 48°44'26" W. O clima da região segundo Koppen é classificado como Aw, caracterizado por duas estações distintas, uma com período seco que dura de cinco a sete meses e outra com período chuvoso. A precipitação anual varia de 1.300 a 2.000 mm. As temperaturas médias oscilam entre 22 e 26°C. Nos meses mais frios a média é de 20°C, enquanto nos mais quentes chegam a atingir 36°C (SEPLAN GO, 1994). O experimento foi conduzido entre os meses de agosto a novembro de 2014.

### **4.2 MANEJO, CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE E DA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL UTILIZADA NO VIVEIRO**

#### **4.2.1 Manejo do minijardim clonal**

O minijardim clonal da empresa é formado por canaletões feitos de telha de amianto. O substrato utilizado para suporte das matrizes clonais é composto por cascalho e areia. O espaçamento estabelecido entre as matrizes clonais é 10 x 10 cm e estas possuem idade média de três anos. Os nutrientes são fornecidos diariamente através de fertirrigação por sistema automatizado de gotejamento. São utilizados semanalmente cerca de 1000 L da solução nos canaletões do minijardim clonal.

#### **4.2.2 Caracterização do efluente oriundo do minijardim clonal**

Para caracterização química do efluente do minijardim clonal, realizou-se três coletas intercaladas por um período de um mês, onde foram coletados 1,5 L do efluente em cada amostragem e encaminhado ao laboratório para determinação do pH, condutividade elétrica, e os macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e enxofre, e os micronutrientes, boro, manganês, molibdênio, ferro, zinco, cobre, cobalto. A análise dos nutrientes da água residuária foi feita conforme metodologia proposta pela Embrapa, (2009).

### 4.2.3 Caracterização da adubação de cobertura utilizada pelo viveiro

A adubação de cobertura utilizada pelo viveiro é realizada uma vez por semana, durante o período de permanência das mudas a pleno sol. A solução utilizada é composta por 4,6 kg de Fosfato Monoamônico (MAP), 1,5 kg de Cloreto de Potássio, 90 g de Sulfato de Magnésio, 80 g de Ácido Bórico, 2 kg de Sulfato de Amônio, 30 g de Sulfato de Cobre, 60 g de Sulfato de Zinco, 20 g de Ferrilene, 6 kg de Super Simples, 50 g de Sulfato de Manganês. A diluição é feita em um tanque de armazenamento, utilizando 1000 L de água. Sendo aplicados 10 L da solução a cada 1536 tubetes. A concentração dos nutrientes na solução pode ser observada na (Tabela 5).

**Tabela 5.** Características químicas da adubação de cobertura utilizada no viveiro.

| Nutrientes / Unidades             | Valores médios |
|-----------------------------------|----------------|
| Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )  | 0,64           |
| Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )     | 0,60           |
| Potássio (g kg <sup>-1</sup> )    | 5,50           |
| Cálcio (g kg <sup>-1</sup> )      | 0,60           |
| Magnésio (g kg <sup>-1</sup> )    | 0,20           |
| Enxofre (g kg <sup>-1</sup> )     | 0,80           |
| Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )      | 5,00           |
| Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )      | 340,00         |
| Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )   | 85,00          |
| Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )      | 0,10           |
| Cobalto (mg kg <sup>-1</sup> )    | 0,10           |
| Molibdênio (mg kg <sup>-1</sup> ) | 0,80           |

g kg<sup>-1</sup> = Gramas por quilogramas; mg kg<sup>-1</sup> = Miligramas por quilogramas.

### 4.3 MATERIAL GENÉTICO UTILIZADO

Para realização da pesquisa foram utilizados três materiais genéticos, os clones AEC 144 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake registro nº 21874), GG 100 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake registro nº 21277) e VM 01 (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake registro nº 20766). Os materiais foram selecionados por serem os principais clones comercializados no viveiro da empresa, e serem amplamente utilizados nos projetos de silvicultura em diversas regiões do país.

#### **4.4 PRODUÇÃO DAS MUDAS CLONAIS**

Para a produção das mudas, foram coletadas no minijardim clonal miniestacas dos três clones, com comprimento variando de 4 a 7 cm, possuindo em média dois pares de folhas e dominância apical. As folhas foram recortadas ao meio para evitar grandes perdas no processo de transpiração. Em seguida, as miniestacas foram estaqueadas em tubetes com volume de 55 cm<sup>3</sup>, e com estrias internas para impedir o enovelamento das raízes. O substrato utilizado foi o composto por casca de arroz carbonizada, vermiculita e fibra de coco (1:1:1).

Após o estaqueamento as mudas foram encaminhadas para a casa de vegetação, onde permaneceram por 28 dias, com temperatura em torno de 28 °C, e umidade relativa do ar acima de 80 %, para favorecer o enraizamento. Após esse período, as mudas foram transferidas para casa de sombra, com iluminação natural reduzida em 50% para aclimatação, por um período de 4 dias. Posteriormente, foram alocadas em bancadas com telas a pleno sol, onde permaneceram por um período de 88 dias, até a avaliação final do experimento, quando as mudas possuíam 120 dias de idade.

#### **4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL**

O experimento foi instalado considerando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 11 tratamentos, envolvendo diferentes frequências de aplicações (número de aplicações), e diferentes lâminas de fertirrigação residual (quantidade do efluente utilizado), bem como a utilização da adubação convencional praticada pelo viveiro e a testemunha, sem uso de adubação. As descrições dos tratamentos utilizados encontram-se na (Tabela 6).

Para avaliação das características morfológicas, foram consideradas 5 repetições de 10 mudas para cada tratamento. Para avaliação nutricional realizou-se uma amostragem simples coletando-se folhas de 25 mudas por tratamento. Em laboratório realizou-se a divisão da amostra simples em três sub-amostras, que foram utilizadas para geração da análise de variância.

**Tabela 6.** Tratamentos utilizados no experimento.

| Tratamentos | Descrição                                     |
|-------------|---|
| T1          | Aplicação diária do efluente + Lâmina de 1 mm |
| T2          | Aplicação diária do efluente + Lâmina de 2 mm |
| T3          | Aplicação diária do efluente + Lâmina de 3 mm |
| T4          | Aplicação 2x na semana + Lâmina de 1mm        |
| T5          | Aplicação 2x na semana + Lâmina de 2 mm       |
| T6          | Aplicação 2x na semana + Lâmina de 3 mm       |
| T7          | Aplicação 3x na semana + Lâmina de 1 mm       |
| T8          | Aplicação 3x na semana + Lâmina de 2 mm       |
| T9          | Aplicação 3x na semana + Lâmina de 3 mm       |
| T10         | Adubação convencional praticada pelo viveiro  |
| T11         | Sem adubação                                  |

#### 4.6 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

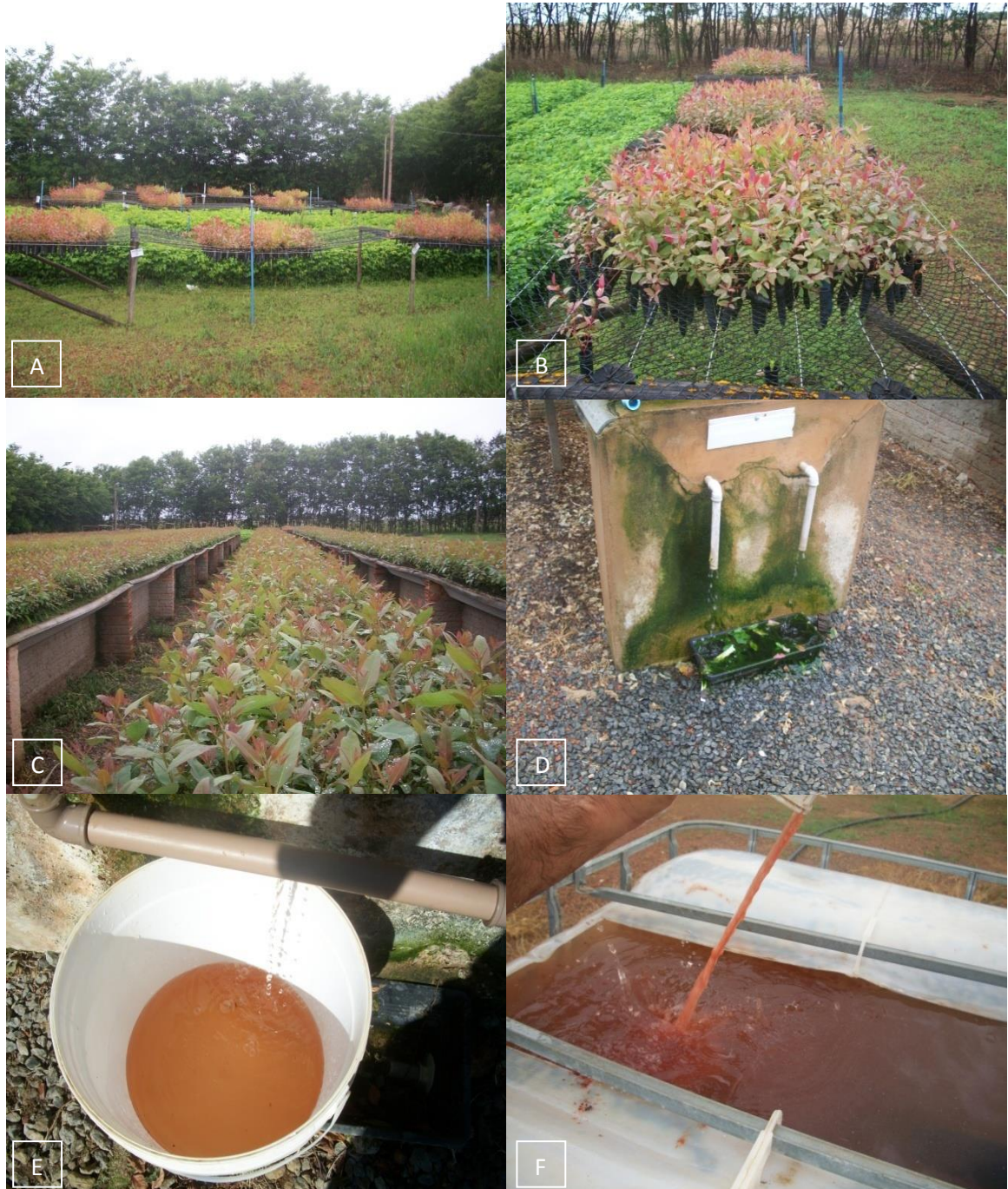
Após a transferência das mudas da casa de sombra para o pátio a pleno sol, iniciou-se a aplicação dos tratamentos utilizando o efluente do minijardim clonal e a adubação de cobertura praticada pelo viveiro (Figura 2).

Para a coleta do efluente, foram instalados nas extremidades dos canaletões, canos direcionais, onde o efluente gerado era direcionado a um recipiente de armazenagem. Após a coleta, o resíduo era disposto em um recipiente com graduação volumétrica para aferição da quantidade a ser utilizada, sendo posteriormente alocado em um regador e aplicado manualmente sobre os tratamentos, buscando disponibilizá-lo de forma homogênea.

Os tratamentos foram dispostos em parcelas de 1 m<sup>2</sup>, dessa forma a aplicação de 1 mm, consistiria na utilização de um litro por parcela, 2 mm dois litros e 3 mm três litros, sendo as aplicações realizadas sempre após a última irrigação no final do dia.

Como a adubação convencional praticada pelo viveiro possui recomendação de aplicação de 10 L da solução para cada 1536 mudas, e cada parcela possui capacidade para 300 mudas, proporcionalmente foram aplicados 1,9 L da solução por parcela. Já o tratamento sem adubação recebeu somente a irrigação utilizada pelo viveiro. A lâmina de irrigação utilizada pelo viveiro e fixada para todos os tratamentos foi de 9 mm por dia.

A solução da adubação convencional foi feita em um tanque de armazenamento de 1000 L, onde, após serem pesados, os fertilizantes eram adicionados e misturados. Após a aplicação do adubo, realizada depois da última irrigação do dia, as mudas eram lavadas até a total retirada dos resíduos minerais, com a finalidade de evitar a queima das folhas.



**Figura 2.** A) Tratamentos dispostos a pleno sol; B) Tratamentos dispostos a pleno sol; C) Minijardim clonal do viveiro; D) Canos de drenagem do minijardim clonal; E) Coleta do efluente; F) Preparo da adubação convencional praticada pelo viveiro.

#### 4.7 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Com objetivo de verificar a influência da adubação residual de cobertura na produção e qualidade de mudas de eucalipto, foram mensurados aos 60, 90 e 120 dias as seguintes variáveis: altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF). As massas secas da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e total (MST), foram calculadas aos 120 dias. Diante dos resultados, também foram calculados o incremento corrente em altura (ICA), incremento corrente em diâmetro (ICD), bem como as relações entre as variáveis, como a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea e massa seca das raízes (MSPA/MSR), índice de qualidade de Dickson ( $IQD = MST/(H/D+MSA/MSR)$  Dickson et al. (1960) , e os teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas.

A altura da parte aérea (H) foi mensurada através de uma régua, medindo-se desde a base da muda até o ápice. O diâmetro do coleto (D) foi obtido através de um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, na altura do substrato. O número de folhas foi obtido através da contagem individual. O incremento em altura e diâmetro do coleto foi calculado subtraindo o último período de avaliação pelo primeiro. Para mensuração dos dados de massa seca da parte aérea, raiz e total, as mudas foram lavadas para retirada do substrato do sistema radicial e posteriormente seccionadas na altura do coleto, visando separar o sistema radicial da parte aérea (Figura 3). As partes foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa à 75 °C, até obtenção da massa seca constante, posteriormente, o material foi pesado em balança analítica, com precisão de 0,001 g (BÖHM, 1979).

A avaliação do estado nutricional das mudas nos diferentes tratamentos foi realizada coletando-se, folhas de 25 mudas por tratamento. A amostragem foliar foi constituída na coleta do 3° e 4° par de folhas abaixo do ápice, situados na porção mediana das plantas, as mesmas foram secas em estufa, por 72 horas, e encaminhadas ao laboratório para a quantificação das concentrações dos macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e dos micronutrientes boro, zinco, ferro, manganês e cobre. As análises foram realizadas conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1989).





**Figura 3.** A) Retirada dos substratos das raízes; B) Mudas limpas e aptas para o seccionamento das raízes; C) Pesagem da massa seca de raiz (MSR).

## 4.8 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Após a verificação da homogeneidade e normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, estes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando detectadas diferenças significativas, os resultados foram submetidas ao teste de Scott Knott para comparação das médias ao nível de 5% de probabilidade utilizando o *software R*, pacote ExpDes (FERREIRA et al., 2013). Para correlacionar os teores de nutrientes presentes nas folhas com as variáveis morfológica analisadas, utilizou-se o teste de correlação de Pearson através do software Statistica 7 (STATSOFT INC, 2004).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE DO MINIJARDIM CLONAL

Os valores para a condutividade elétrica da água, pH, macro e micronutrientes do efluente do minijardim clonal, estão apresentados na (Tabela 7). Para efeito de comparação também estão presentes na tabela, valores referenciais para adubações diárias do gênero *Eucalyptus* na fase de rustificação, desenvolvida por (HIGASHI et al., 2002).

De acordo com o guia para salinidade da água de irrigação, elaborado pela USEPA (1981), o efluente é classificado como água que pode ter efeitos deletérios para muitas culturas, requerendo cuidados no manejo (Tabela 2).

Em estudos desenvolvidos por Batista (2013), com resíduos da suinocultura na produção de *Eucalyptus urophylla*, o valor de condutividade elétrica do efluente apresentou média de  $2,72 \text{ dS m}^{-1}$ , resultado próximo do encontrado por Rezende (2003), analisando o uso de efluente tratado da fábrica de celulose Kraft branqueada, na produção de mudas do mesmo gênero, em que a condutividade variou de 2,7 a  $4,3 \text{ dS m}^{-1}$ . Em

nenhum dos estudos constataram-se sintomas de toxidez nas mudas devido ao excesso de sais no efluente.

**Tabela 7.** Caracterização química do efluente do minijardim clonal utilizado na adubação das mudas e recomendação de adubação diária na fase de rustificação para *Eucalyptus* spp. desenvolvidos por (HIGASHI et al., 2002).

| Nutrientes / Unidades                        | Faixa de variação | Valores médios | Recomendação de adubação diária na fase de rustificação para o gênero <i>Eucalyptus</i> spp., (HIGASHI et al., 2002) |
|--|-------------------|----------------|--|
| Nitrogênio / (g kg <sup>-1</sup> )           | 0,09– 0,16        | 0,12           | 0 - 0,05   |
| Fósforo / (g kg <sup>-1</sup> )              | 0,06– 0,10        | 0,07           | 0,05 - 0,10  |
| Potássio / (g kg <sup>-1</sup> )             | 0,23 – 0,45       | 0,35           | 0,15 - 0,30  |
| Cálcio / (g kg <sup>-1</sup> )               | 0,24 – 0,49       | 0,33           | 0,15 - 0,30  |
| Magnésio / (g kg <sup>-1</sup> )             | 0,05 – 0,08       | 0,06           | 0,04 - 0,06  |
| Enxofre / (g kg <sup>-1</sup> )              | 0,03 – 0,07       | 0,05           | 0,05 - 0,08  |
| Cobre / (mg kg <sup>-1</sup> )               | 0,33 – 0,65       | 0,50           | 0,03 - 0,06  |
| Ferro / (mg kg <sup>-1</sup> )               | 3,76 – 4,98       | 4,40           | 3 - 7  |
| Manganês / (mg kg <sup>-1</sup> )            | 2,01 - 2,74       | 2,45           | 0,3 - 0,8  |
| Zinco / (mg kg <sup>-1</sup> )               | 0,94 – 1,17       | 1,10           | 0,05 - 0,10  |
| Cobalto / (mg kg <sup>-1</sup> )             | 0,01 – 0,02       | 0,01           | *  |
| Molibdênio / (mg kg <sup>-1</sup> )          | 0,01 – 0,03       | 0,02           | 0,01 -0,02   |
| Boro / (mg kg <sup>-1</sup> )                | 0,08 – 0,23       | 0,12           | 0,3 - 0,6  |
| Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> ) | 1,87 – 2,19       | 2,05           | *  |
| ph   | 5,6 – 6,7         | 5,95           | *  |

g kg<sup>-1</sup> = Gramas por quilogramas; mg kg<sup>-1</sup> = Miligramas por quilogramas; dS m<sup>-1</sup> = DeciSiemens por metro;  
\* = Variável não analisado pelos autores.

Na utilização de efluentes para fertirrigação, a salinidade é um dos principais fatores a ser analisado para o monitoramento do reuso da água. Os valores da condutividade elétrica do efluente do minijardim clonal apresentou média de 2,05 dS m<sup>-1</sup>.

Os valores de pH da solução oscilaram entre 5,6 e 6,7 ao longo do período de monitoramento. Tais resultados encontram-se um pouco abaixo da faixa considerada adequada por Ayers e Westcot (1999), que estabelece valores ideais para fertirrigação variando entre 6,5 a 8,4.

Com relação aos nutrientes presentes no efluente, os elementos, fósforo, magnésio, enxofre, molibdênio e ferro encontraram-se na faixa recomendada por Higashi et al. (2002), para adubação de rustificação em mudas do gênero *Eucalyptus*. Já o nitrogênio e potássio possuem valores acima dos recomendados pelos autores. Os elementos que

apresentaram as maiores discrepâncias em relação aos valores referenciais, foram o cobre e o manganês.

Com relação aos macronutrientes, observa-se que o potássio apresentou as maiores concentrações, seguido do cálcio e nitrogênio. Segundo Higashi et al. (2002), para adubação diária na fase de rustificação, recomenda-se que a quantidade de potássio aplicada seja superior a de nitrogênio, em uma relação próxima de (3/1), favorecendo, com isso, o engrossamento do caule e aumentando a resistência da muda ao estresse do plantio, sendo o elemento mais demandado na adubação de rustificação. A relação potássio-nitrogênio (K/N) do efluente analisado ficou na faixa de 2,91, sendo esse valor próximo da faixa considerada adequada.

As características das águas residuárias devem ser analisadas criteriosamente, para que as mesmas possam ser manejadas corretamente, visando à reutilização de forma segura, seja como irrigação ou fertirrigação, evitando assim uma série de problemas.

## **5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA**

### **5.2.1 Altura, diâmetro do coleto e número de folhas**

O resumo da análise de variância, para as características morfológicas de altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF), aos 60, 90 e 120 dias após início dos tratamentos encontra-se na (Tabela 8).

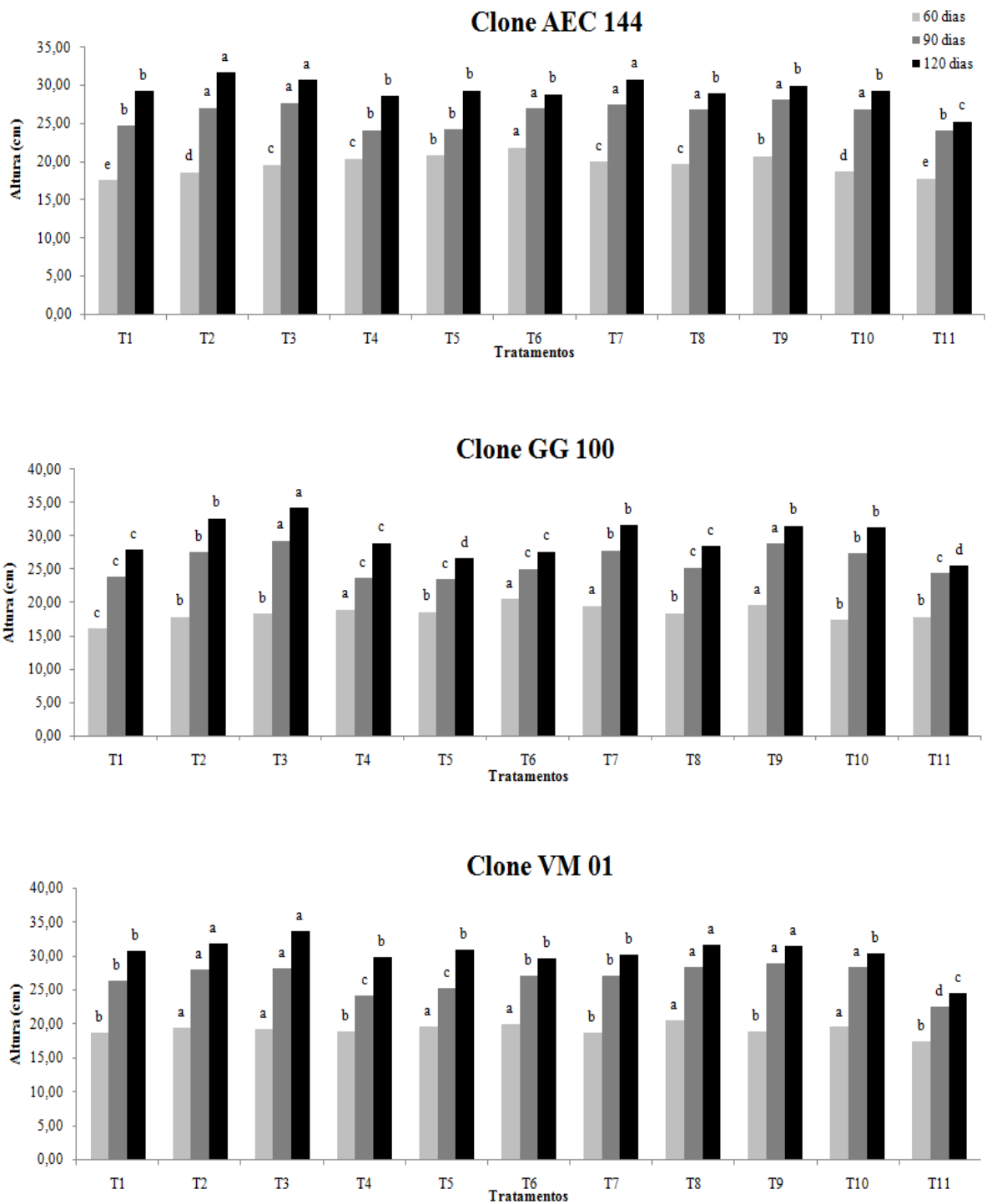
A análise de variância demonstrou que houve diferenças significativas para as variáveis altura e diâmetro do coleto em todos os clones avaliados. Já para variável número de folhas, não houve diferença significativa para nenhum dos clones testados na última avaliação, com 120 dias.

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância para as variáveis morfológicas de altura, diâmetro do coleto e número de folhas aos 60, 90 e 120 dias de idade.

| Valores de Quadrados Médios |             |    |         |         |         |         |                    |                    |        |        |        |
|-----------------------------|-------------|----|---------|---------|---------|---------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|
|                             | FV          | GL | H60     | H90     | H120    | NF60    | NF90               | NF120              | D60    | D90    | D120   |
| <b>I144</b>                 | Tratamento  | 10 | 8,96 ** | 12,64** | 13,88** | 1,65 ** | 2,34 <sup>ns</sup> | 0,91 <sup>ns</sup> | 0,81** | 0,25** | 0,33** |
|                             | Média Geral |    | 19,60   | 26,18   | 29,32   | 9,01    | 10,31              | 11,24              | 2,21   | 2,78   | 3,17   |
|                             | CV%         |    | 4,08    | 4,36    | 5,04    | 7,72    | 14,17              | 6,93               | 5,51   | 4,80   | 6,25   |
| <b>GG100</b>                | Tratamento  | 10 | 7,42**  | 23,3**  | 37,77** | 2,65**  | 1,45 <sup>ns</sup> | 2,28 <sup>ns</sup> | 5,01** | 5,45** | 9,51** |
|                             | Média Geral |    | 18,44   | 26,05   | 29,68   | 8,55    | 9,80               | 11,51              | 2,12   | 2,73   | 3,19   |
|                             | CV%         |    | 5,09    | 4,76    | 5,84    | 6,69    | 8,67               | 11,42              | 4,86   | 5,92   | 5,12   |
| <b>VM 01</b>                | Tratamento  | 10 | 3,32**  | 19,98** | 25,26** | 3,41**  | 0,92*              | 0,69 <sup>ns</sup> | 2,68*  | 5,03** | 6,23** |
|                             | Média Geral |    | 19,09   | 26,72   | 30,38   | 8,47    | 9,89               | 11,33              | 2,30   | 2,85   | 3,32   |
|                             | CV%         |    | 5,07    | 4,27    | 5,09    | 6,82    | 6,30               | 9,96               | 5,67   | 6,17   | 6,17   |

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em porcentagem; H60 = Altura da parte aérea com sessenta dias; H90 = Altura da parte aérea com noventa dias; H120 = Altura da parte aérea com cento e vinte dias; D60 = Diâmetro do coleto com sessenta dias; D90 = Diâmetro do coleto com noventa dias; D120 = Diâmetro do coleto com cento e vinte dias; NF60 = Número de folhas com sessenta dias; NF90 = Número de folhas com noventa dias; NF120 = Número de folhas com cento e vinte dias; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns = Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Na avaliação de crescimento em altura, as mudas clonais obtiveram diferenças significativas entre todos os tratamentos avaliados. Aos 60 dias na primeira avaliação, o tratamento com adubação convencional (T10) e sem adubação (T11), obtiveram valores médios inferiores para o clone AEC 144. Para os clones GG 100 e VM 01, os tratamentos com adubação convencional e sem adubação, possuíram médias equiparáveis aos tratamentos utilizando adubação residual (Figura 4).



**Figura 4.** Valores médios de altura da parte aérea de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).

Na segunda avaliação aos 90 dias, notou-se que os tratamentos utilizando as maiores frequências e lâminas do efluente e o tratamento com adubação residual começaram a proporcionar as maiores médias para os clones avaliados. Para o AEC 144 os tratamentos, T2, T3, T6, T7, T8, T9 e T10, obtiveram médias superiores sem diferirem entre si, resultado parecido para o clone VM 01 em que os tratamentos T2, T3, T8, T9 e T10 obtiveram os maiores valores. Já para o clone GG 100, os tratamentos T3 e T9 foram responsáveis pelas maiores médias.

A última avaliação, aos 120 dias, demonstrou que a utilização de adubação diária com o efluente, apresentou as maiores médias, sendo que o tratamento (T3), que associava frequência diária de aplicação + lâmina de 3 mm, foi o único que apresentou médias estatisticamente superiores para os três clones (Figura 4). Tal resultado provavelmente está relacionado a maior quantidade de nitrogênio disponibilizada ao longo do experimento com as aplicações diárias do efluente. De acordo com Kappes et al. (2009), o elemento é altamente requerido para o desenvolvimento em altura em períodos iniciais de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Para os clones AEC 144 e VM 01, os tratamentos que utilizaram a frequência de duas aplicações semanais independente da lâmina, apresentaram valores estatisticamente iguais ao tratamento com a adubação convencional. Para todos os clones, o tratamento sem adubação (T11), apresentou as menores médias para altura.

A altura é considerada como uma das variáveis mais antigas na classificação e seleção de mudas, e ainda continua apresentando uma contribuição importante (PARVIAINEN, 1981). Para Gomes et al. (2002), em estudo analisando as características morfológicas na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, a adoção somente da altura para estimar a qualidade de mudas poderá ser válido, uma vez que o parâmetro apresenta boa contribuição relativa, não é um método destrutivo, além de facilidade de obtenção. No entanto Fonseca et al. (2002), relata em seu estudo que, a utilização de variáveis isoladas na classificação de qualidade de mudas, pode acarretar em erros, como o descarte de mudas menores porém com maior vigor.

Os valores médios de altura para os três clones avaliados aos 120 dias variaram de 24,49 a 34,26 cm. Embora existam controvérsias em relação ao tamanho ideal das mudas de eucalipto para o plantio, os resultados se enquadram acima do padrão mínimo estabelecido por Gomes (2003), como referência de qualidade de mudas do gênero, que é de valores entre 15,00 e 35,00 cm.

Em pesquisa avaliando a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* usando o sistema de irrigação por subsuperfície com água residuária proveniente do tratamento de esgoto doméstico, Augusto et al. (2007), verificaram que para as variáveis altura e diâmetro do coleto, o tratamento com fertirrigação convencional (uso de adubo mineral), apresentou resultados superiores em relação ao tratamento com água residuária. Tal fato foi justificado pela maior concentração de macronutrientes na solução nutritiva do sistema convencional.

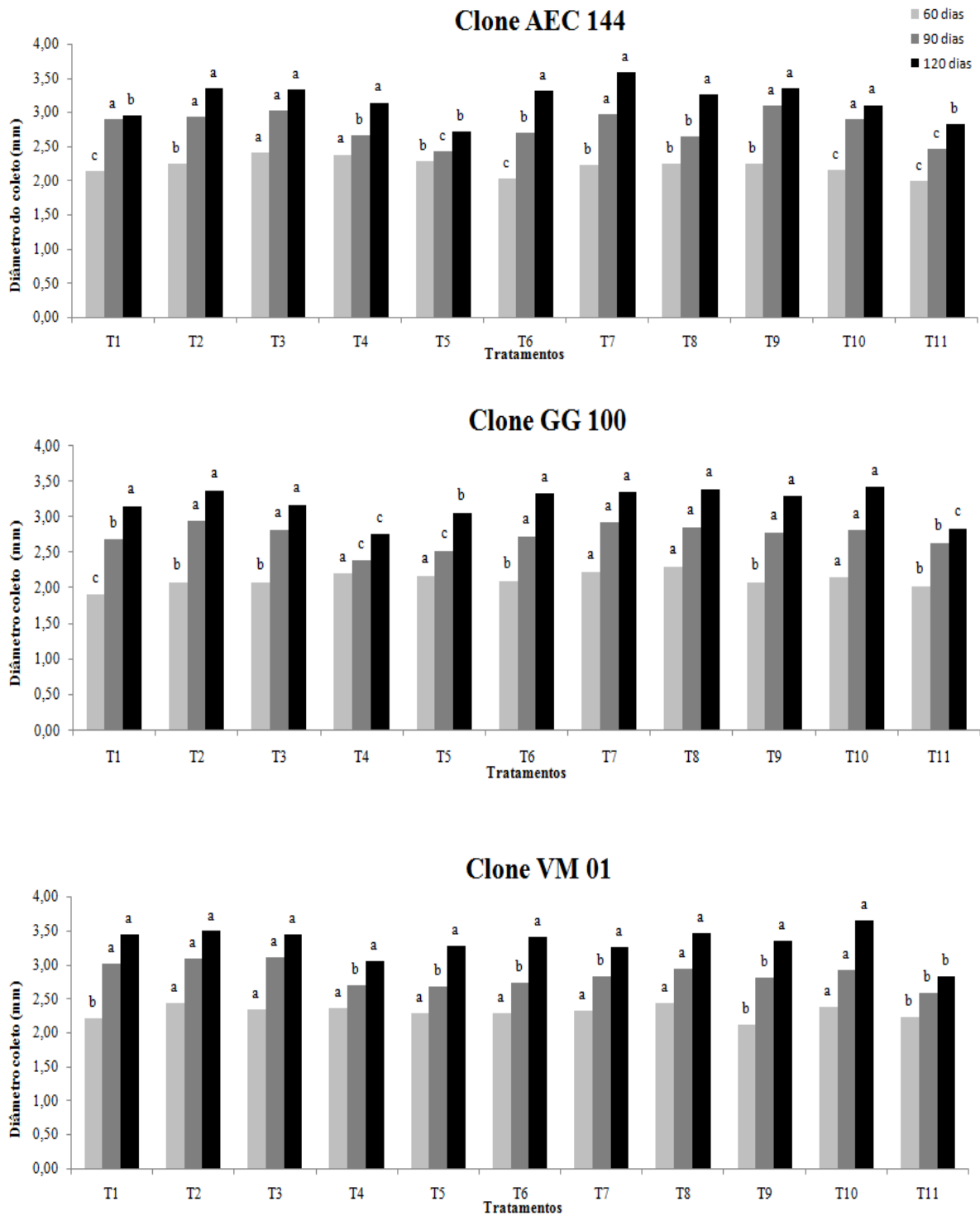
Já em estudos utilizando resíduos de lodo de curtume no crescimento de mudas de eucalipto, Possato (2014), concluiu que a utilização do resíduo do curtume, proporcionou um aumento na altura das mudas em até 11,5% em relação ao tratamento testemunha.

Neste trabalho observou-se que para o clone AEC 144, o valor do tratamento que obteve as maiores médias T2 (31,68 cm), proporcionou um valor de altura 7,70% maior que o tratamento utilizando adubação convencional T10 (29,27 cm), e 10,92% maior, quando comparado com a testemunha sem adubação T11 (25,22 cm). Para o clone GG 100, o melhor tratamento T3 (34,26 cm), que associava aplicação diária e lâmina de 3 mm, apresentou diferença superior de 8,61% para o tratamento com adubação convencional T10 (31,31 cm) e 25,53% para a testemunha T11 (25,51 cm), já para o clone VM 01, o tratamento T3 (33,56 cm) obteve a maior média, apresentando uma diferença de 9,53% para o tratamento T10 (30,36 cm) e 27,02% para o tratamento T11 (24,49 cm).

Portanto para a variável altura de mudas, o tratamento T3 que associou a frequência diária de aplicação e lâmina de 3 mm, apresentou os melhores resultados.

Com relação ao diâmetro do coleto, de acordo com Moreira e Moreira (1996), o parâmetro é reconhecido como um dos melhores, senão o melhor indicador do padrão de qualidade de mudas, sendo uma das características mais utilizadas na indicação de doses de fertilizantes.

Na presente pesquisa foi verificado que para os três clones avaliados, o parâmetro apresentou pouca diferença entre os tratamentos. Os gráficos com as representações de médias dos tratamentos para a variável diâmetro do coleto pode ser observados na (Figura 5). Na primeira avaliação aos 60 dias para o clone AEC 144, os tratamentos T3 e T4 mostraram-se superiores. Para o clone GG 100 os tratamentos T4, T5, T7, T8 e T10, apresentaram os maiores resultados de média sem diferirem entre si. Já para o clone VM 01, a maioria dos tratamentos não apresentou diferenças significativas entre si, apenas os tratamentos T1, T9 e T11 diferiram dos demais com médias significativamente inferiores.



**Figura 5.** Valores médios de diâmetro do coleto de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).



Na segunda avaliação aos 90 dias, notou-se que para os três clones, os tratamentos com maiores frequências de aplicação (diariamente e três aplicações por semana) independente da lâmina utilizada e o tratamento com adubação convencional, no geral mostraram-se superiores quando comparado aos tratamentos utilizando duas aplicações semanais e com a testemunha sem adubação.

No entanto na última avaliação aos 120 dias, a maioria dos tratamentos para os três clones testados, não apresentaram diferenças significativas entre si. Para o clone AEC 144, apenas os tratamentos T1, T5 e T11, diferiram dos demais, com médias significativamente inferiores. Já para o clone GG 100 foram os tratamentos T4, T5 e T11 que apresentaram médias inferiores quando comparado aos outros tratamentos. E para o clone VM 01, apenas a testemunha T11, diferiu dos demais, apresentando média estatisticamente menor.

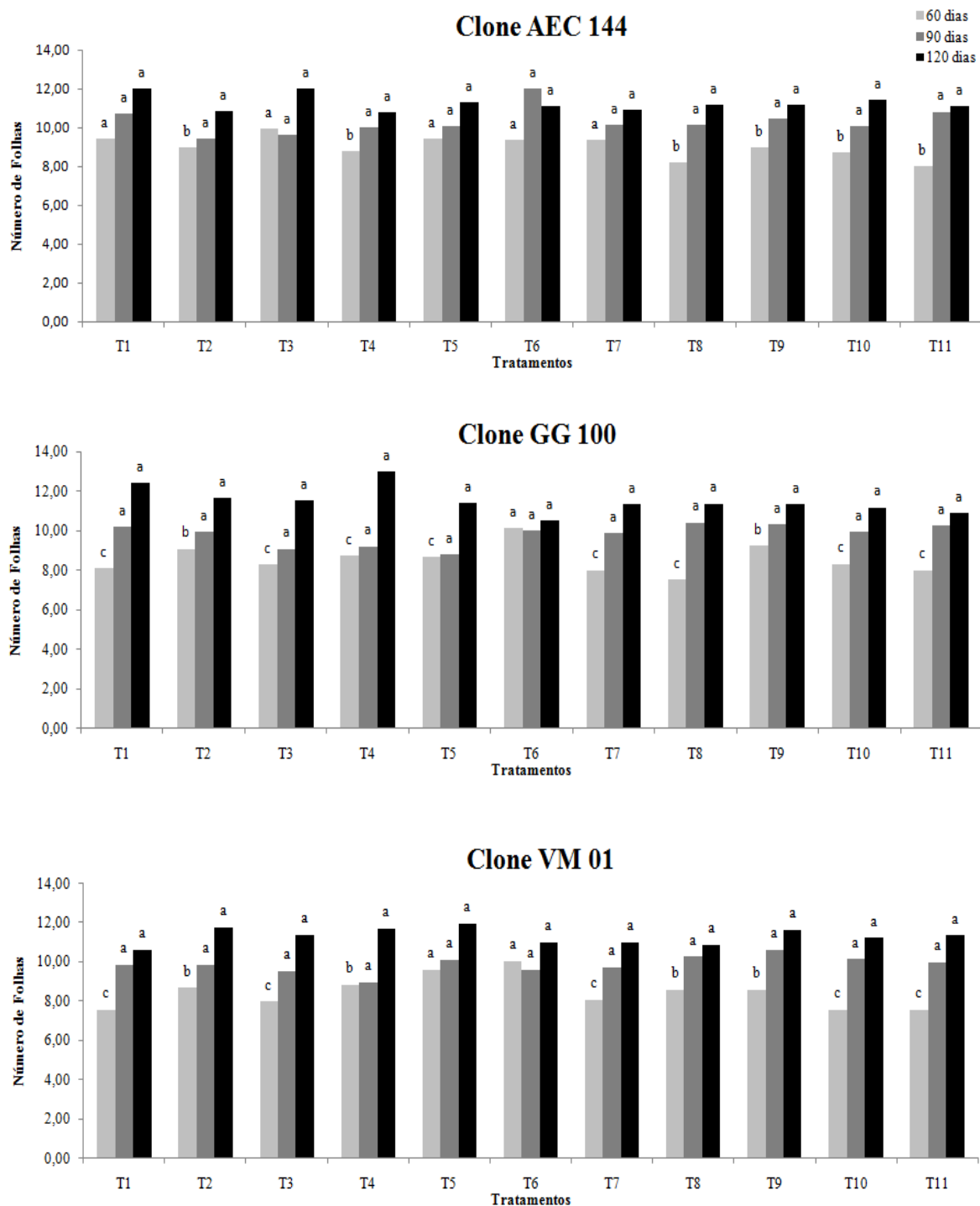
Em estudos analisando a produção de mudas de *Enterolobium timbouva* (Timbaúba), sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado, Costa et al. (2012), não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao diâmetro do coleto, mesmo resultado observado por Trigueiro e Guerrine (2003), utilizando bio sólido de tratamento de esgoto na produção de mudas de eucalipto.

Segundo Higashi et al. (2002), a adubação rica em potássio favorece o engrossamento do caule aumentando a resistência das mudas ao estresse de plantio. Através da análise de nutrientes presentes na adubação convencional (Tabela 5), nota-se que a concentração de potássio presente na solução é de  $5,50 \text{ g kg}^{-1}$ , valor consideravelmente maior que a concentração do nutriente presente no efluente do minijardim clonal, que foi de  $0,35 \text{ g kg}^{-1}$ . Apesar da elevada diferença em relação a adubação convencional, a concentração do nutriente no efluente do minijardim clonal, ficou muito próximo do recomendado por Higashi et al. (2002), para adubações diárias em mudas de eucalipto, que são de valores variando entre  $0,15$  e  $0,30 \text{ g kg}^{-1}$ .

De acordo com Carneiro (1995), o diâmetro é amplamente utilizado para indicar a capacidade de adaptação da muda em campo. Segundo Gomes e Paiva (2004), no momento do plantio, as mudas devem apresentar maiores valores de diâmetro de coleto, para possuírem maior equilíbrio de crescimento da parte aérea. Todos os tratamentos estudados apresentaram valores de diâmetro do coleto, adequados ou muito próximo do proposto por Sturion et al. (2000), para que as mudas sejam consideradas aptas para o plantio, que é de 2 a 3,5 cm.

Portanto para a variável diâmetro do coleto, a maioria dos tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si na última avaliação aos 120 dias, sendo que o tratamento testemunha (T11), apresentou médias inferiores para os três clones.

Com relação ao número de folhas, não foram observadas diferenças significativas ao final do experimento para os três clones avaliados. Apenas a primeira avaliação, aos 60 dias, apresentou diferenças significativas. Para o clone AEC 144 os tratamentos T1, T3, T5, T6 e T7, apresentaram médias superiores, sem diferirem estatisticamente entre si no primeiro período de avaliação, já para o GG 100, o tratamento com duas aplicações semanais e com lâminas de 3 mm, o T6, apresentou resultado superior aos demais tratamentos. E para o clone VM 01, os tratamentos T5 e T6, com duas aplicações semanais e lâminas de 2 e 3 mm respectivamente, mostraram-se superiores na avaliação com 60 dias (Figura 6).



**Figura 6.** Valores médios do número de folhas de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01, em idades de 60, 90 e 120 dias. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).

Em estudos avaliando mudas de *Bauhinia forficata* Linn (Mororó), fertirrigadas com esgoto doméstico tratado, Oliveira (2013), constatou que para a espécie, a adubação residual não obteve nenhum efeito significativo com relação ao parâmetro número de folhas. Resultado semelhante ao obtido por Toledo (2013), estudando a utilização de resíduos de uma fábrica de celulose na produção de mudas de eucalipto, em que o parâmetro, não apresentou variações coerentes. De acordo com Higashi et al. (2000) é possível que tais resultados possam ser explicados devido a grande dificuldade da contagem das folhas em estágios mais avançados das mudas, devido ao grande número de folhas por indivíduo e perda das mesmas ao longo do período de avaliação.

### 5.2.2 Incremento corrente em altura e diâmetro do coleto

A mensuração do incremento corrente em vegetais, permite a visualização do desenvolvimento das características em diferentes períodos estabelecidos, proporcionando maior controle e subsidiando tomadas de decisões como o estabelecimento de momentos adequados para interferências no manejo das culturas. O resumo da análise de variância para o incremento corrente em altura e diâmetro do coleto, em diferentes períodos de avaliação, encontra-se na (Tabela 9).

**Tabela 9.** Análise de variância do incremento corrente em altura e diâmetro do coleto nas mudas clonais de eucalipto.

| Períodos | Valores de quadrados médios |    |                   |        |                    |        |
|----------|-----------------------------|----|-------------------|--------|--------------------|--------|
|          | FV                          | GL | IC (60 - 90 Dias) |        | IC (90 - 120 Dias) |        |
|          |                             |    | H                 | D      | H                  | D      |
| AEC 144  | Tratamento                  | 10 | 15,74**           | 0,24** | 9,21**             | 0,12** |
|          | Média Geral                 |    | 6,58              | 0,57   | 3,15               | 0,39   |
|          | CV%                         |    | 16,70             | 22,76  | 46,85              | 30,55  |
| GG 100   | Tratamento                  | 10 | 25,97**           | 0,18** | 7,75**             | 0,06*  |
|          | Média Geral                 |    | 7,61              | 0,61   | 3,63               | 0,45   |
|          | CV%                         |    | 18,59             | 26,03  | 43,45              | 36,42  |
| VM 01    | Tratamento                  | 10 | 12,74**           | 0,13** | 10,18**            | 0,11** |
|          | Média Geral                 |    | 7,62              | 0,54   | 3,66               | 0,48   |
|          | CV%                         |    | 16,45             | 29,14  | 37,28              | 29,34  |
|          | Resíduo                     | 44 | 1,57              | 0,02   | 1,86               | 0,01   |

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em porcentagem; IC = Incremento corrente; H = Altura da parte aérea; D = Diâmetro de coleto; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns = Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

A análise de variância demonstrou que houve diferenças significativas para o incremento corrente em altura e diâmetro do coleto nos três clones durante os dois períodos de avaliação. No geral as características avaliadas comportaram-se de maneira semelhantes para os três clones, apresentando maiores valores de incremento durante o período de 60 a 90 dias, havendo uma redução significativa após esse período.

Observando a média geral do incremento em altura (Tabela 9), nota-se que para os clones AEC 144, GG 100 e VM 01 os valores no segundo período de avaliação (90 a 120 dias), diminuíram 52,12%, 52,29% e 51,97% respectivamente, em relação a média geral do incremento mensurado no primeiro período (60 a 90 dias). O mesmo ocorreu para o incremento do diâmetro do coleto, em que os valores decaíram 31,57%, 26,22% e 11,11% respectivamente.

O incremento em altura durante o período de 60 a 90 dias, no geral apresentou maiores resultados para os três clones, nos tratamentos utilizando maiores frequências e lâminas de fertirrigação, e no tratamento com a utilização da adubação convencional. Para o clone AEC 144, a maior média de incremento em altura na primeira avaliação, foi encontrada no tratamento T2 (8,46 cm), já o menor valor, foi obtido pelo tratamento T5 (3,41 cm). Para o clone GG 100 o tratamento T3 (11,03 cm), obteve a maior média, e o tratamento T6 (4,56 cm), a menor. Já para o clone VM 01 o tratamento T9 (9,97 cm), apresentou a maior média e o tratamento T11 (5,16 cm), a menor.

Os resultados do incremento em altura diminuíram significativamente na segunda avaliação, de 90 a 120 dias. Observando os tratamentos que obtiveram as maiores médias no primeiro período de avaliação, nota-se que, para o clone AEC 144, o tratamento que apresentou o maior valor no primeiro período (T2), obteve média 45,62% inferior na segunda avaliação. Para o clone GG 100 o tratamento T3, apresentou resultado 55,39% inferior ao primeiro período, e para o clone VM 01 o tratamento T9, diminuiu seu incremento em 74,32% na segunda avaliação.

Para o incremento corrente em altura, os tratamentos com as maiores frequências de aplicação (diária e três vezes por semana) e as maiores lâminas, 2 e 3 mm, proporcionaram as maiores médias para os três clones avaliados. Considerando os dois períodos de avaliação, os tratamentos T2 e T3, obtiveram os maiores resultados para os três clones.

Durante a análise dos dados observou-se que os tratamentos que apresentaram os menores valores na primeira avaliação (T4 e T5), de maneira geral foram os que obtiveram os maiores valores no segundo período, para os três clones.

O incremento em diâmetro do coleto apresentou comportamento semelhante ao incremento em altura. Os tratamentos com maiores frequências de aplicação do efluente e o tratamento utilizando a adubação convencional, obtiveram as maiores médias.

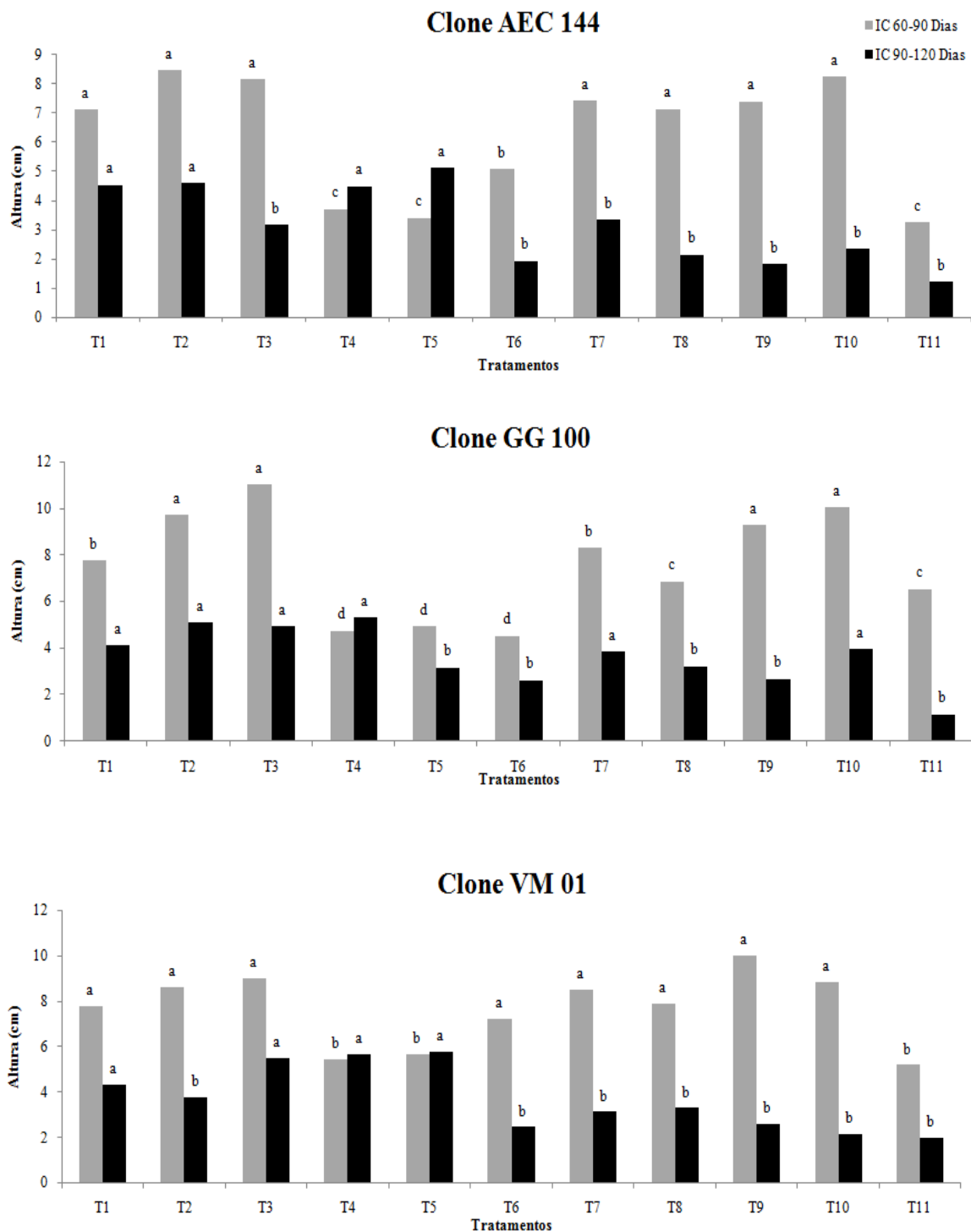
Para o clone AEC 144 o maior valor de incremento no período de 60 a 90 dias, foi obtido no tratamento T9 (0,83 mm), já o tratamento T5 (0,14 mm) apresentou a menor média. Para o clone GG 100 a maior média foi encontrada no tratamento T2 (0,85 mm), e a menor média no tratamento T4 (0,18 mm). E para o clone VM 01 a maior média foi encontrada no tratamento T1 (0,79 mm) e a menor no tratamento T4 (0,34 mm) (Figura 8).

Os resultados do incremento em diâmetro do coleto também diminuíram significativamente na segunda avaliação. Para o clone AEC 144, o tratamento T9 que obteve a maior média no primeiro período apresentou na segunda avaliação valor de 0,25 mm, representando um decréscimo de incremento de 69,87%, quando comparado a primeira avaliação. Para o clone GG 100 o tratamento T2 apresentou valores de 0,44 mm, resultado 48,23% menor que a primeira avaliação. Já para o clone VM 01 o tratamento T1 apresentou valores de 0,43 mm, representando uma diminuição do incremento em relação ao primeiro período de 45,56%.

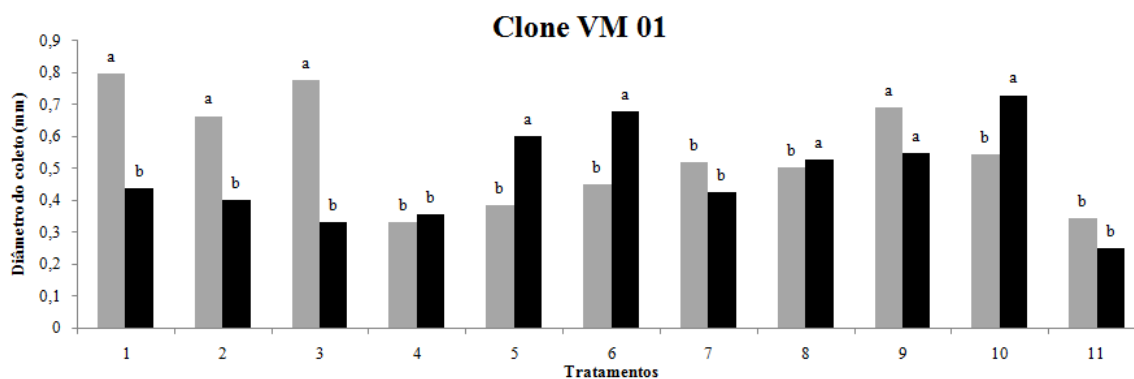
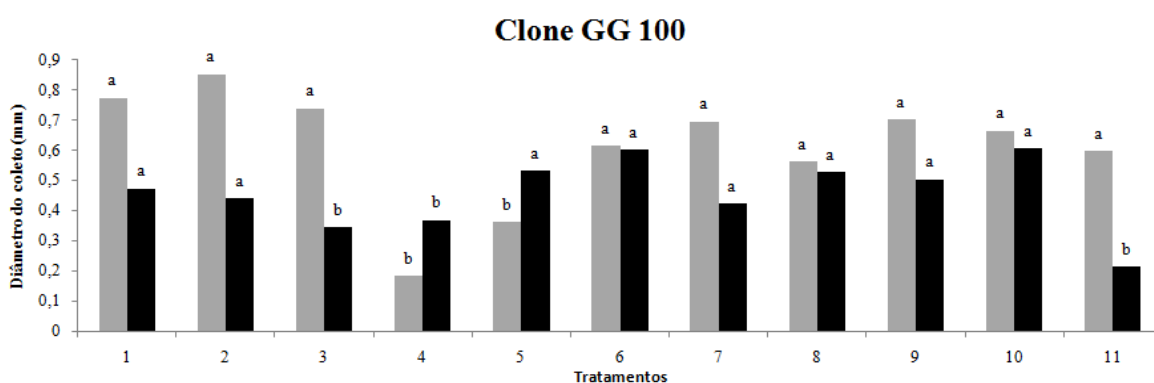
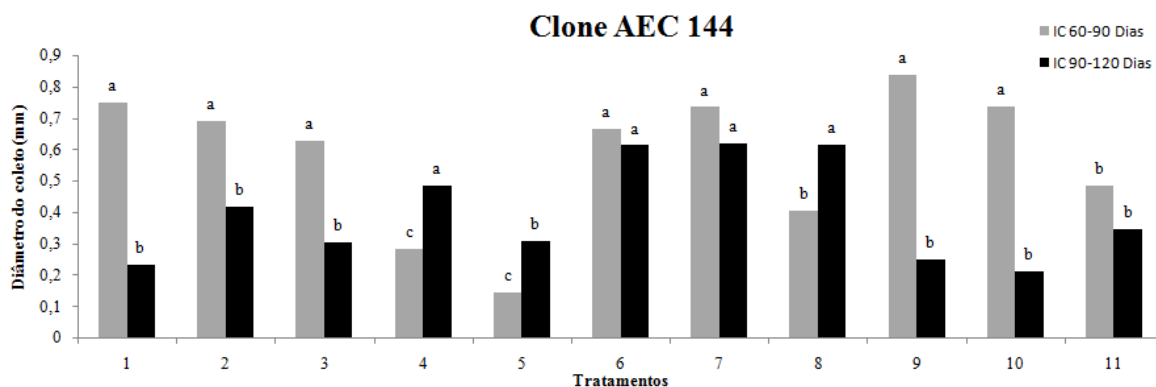
Para o incremento corrente em diâmetro do coleto, os tratamentos que utilizaram as menores frequências e lâminas de fertirrigação (T4 e T5), e o tratamento testemunha, no geral apresentaram médias significativamente inferiores aos demais quando analisado os dois períodos de avaliação.

Através dos resultados obtidos dos incrementos, pode-se inferir que as maiores taxas de crescimento para as duas características analisadas, situaram-se no período inicial da avaliação (60 a 90 dias), sendo que, as maiores variações da taxa de incremento foram observados para a variável altura.

Tais resultados podem subsidiar indicativos de que 90 dias seria o tempo adequado de permanência das mudas em viveiro, sem o comprometimento do desenvolvimento em altura e diâmetro do coleto.



**Figura 7.** Valores médios do incremento corrente em altura de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).



**Figura 8.** Valores médios do incremento corrente em diâmetro do coleto de mudas dos clones AEC 144, GG 100 e VM 01. T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Colunas da mesma cor seguidas pela mesma letra não se diferenciam pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).



### 5.2.3 Massas secas e variáveis de qualidade

O resumo da análise de variância, para as características morfológicas de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca de parte aérea x massa seca de raiz (MSPA/MSR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD), aos 120 dias após o início dos tratamentos encontram-se na (Tabela 10).

**Tabela 10.** Resumo da análise de variância para as relações de massa seca, altura x diâmetro do coleto e Índice de qualidade de Dickson.

| Valores de quadrados médios |             |    |        |                    |                    |                    |        |                     |
|-----------------------------|-------------|----|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|---------------------|
|                             | FV          | GL | MSPA   | MSR                | MST                | MSPA/MSR           | H/D    | IQD                 |
| <b>AEC 144</b>              | Tratamento  | 10 | 0,20*  | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,40*              | 0,17 <sup>ns</sup> | 2,39** | 0,005 <sup>ns</sup> |
|                             | Média Geral |    | 1,98   | 0,94               | 2,92               | 8,78               | 2,14   | 8,78                |
|                             | CV%         |    | 14,18  | 16,09              | 13,05              | 6,64               | 13,06  | 6,64                |
| <b>GG 100</b>               | Tratamento  | 10 | 0,19** | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,65**             | 3,69** | 0,001 <sup>ns</sup> |
|                             | Média Geral |    | 1,77   | 0,84               | 2,60               | 9,34               | 2,18   | 9,34                |
|                             | CV%         |    | 13,05  | 17,51              | 10,72              | 9,42               | 19,41  | 9,42                |
| <b>VM 01</b>                | Tratamento  | 10 | 0,28** | 0,56 <sup>ns</sup> | 0,28 <sup>ns</sup> | 0,05*              | 1,16*  | 0,01 <sup>ns</sup>  |
|                             | Média Geral |    | 2,32   | 0,82               | 3,15               | 9,17               | 2,83   | 9,17                |
|                             | CV%         |    | 13,63  | 17,93              | 14,18              | 7,74               | 9,42   | 7,74                |
|                             | Resíduo     | 44 | 0,10   | 0,02               | 0,19               | 0,07               | 0,50   | 0,01                |

FV = Fonte de variação; Gl = Graus de liberdade; CV% = Coeficiente de variação em porcentagem; MSPA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; MST = Massa seca total; H/D= Relação altura x diâmetro do coleto; MSPA/MSR= Massa seca da parte aérea x massa seca de raiz; IQD= Índice de Qualidade de Dickson; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns = Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

A análise de variância demonstrou que houve diferenças significativas para as variáveis de massa seca da parte aérea, relação massa seca da parte aérea x massa seca de raiz e relação altura x diâmetro para todos os clones avaliados.

A massa seca total apresentou diferença apenas para o clone AEC 144, já as variáveis de massa seca de raiz e Índice de Qualidade de Dickson não apresentaram diferenças significativas para nenhum dos clones avaliados. Nas tabelas 11 e 12, encontram-se os valores médios das massas secas e dos parâmetros de qualidade de mudas.

**Tabela 11.** Valores médios para massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST), dos três clones avaliados aos 120 dias após o início dos tratamentos.

| Trat | Clone AEC 144 |                    |            | Clone GG 100 |                    |                    | Clone VM 01 |                    |                    |
|------|---------------|--------------------|------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
|      | MSPA<br>(g)   | MSR<br>(g)         | MST<br>(g) | MSPA<br>(g)  | MSR<br>(g)         | MST<br>(g)         | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g)         | MST<br>(g)         |
| 1    | 2,28a         | 1,06 <sup>ns</sup> | 3,34a      | 1,82a        | 0,81 <sup>ns</sup> | 2,63 <sup>ns</sup> | 2,52a       | 0,81 <sup>ns</sup> | 3,32 <sup>ns</sup> |
| 2    | 2,23a         | 0,98               | 3,21a      | 1,97a        | 0,84               | 2,71               | 2,58a       | 0,84               | 3,42               |
| 3    | 2,22a         | 1,06               | 3,28a      | 1,70a        | 0,84               | 2,54               | 2,57a       | 0,84               | 3,41               |
| 4    | 1,96b         | 0,94               | 2,90a      | 1,63a        | 0,80               | 2,43               | 2,12b       | 0,80               | 2,92               |
| 5    | 1,76b         | 0,83               | 2,59b      | 1,79a        | 0,82               | 2,61               | 2,23b       | 0,82               | 3,06               |
| 6    | 1,70b         | 0,86               | 2,56b      | 2,00a        | 0,72               | 2,73               | 2,08b       | 0,72               | 2,80               |
| 7    | 2,10a         | 0,94               | 3,04a      | 2,00a        | 0,83               | 2,83               | 2,47a       | 0,83               | 3,20               |
| 8    | 1,80b         | 0,86               | 2,74b      | 1,89a        | 0,87               | 2,76               | 2,41a       | 0,87               | 3,28               |
| 9    | 1,93b         | 0,99               | 2,91a      | 1,74a        | 0,87               | 2,61               | 2,41a       | 0,87               | 3,28               |
| 10   | 2,00b         | 0,98               | 3,98a      | 1,72a        | 0,80               | 2,52               | 2,44a       | 0,80               | 3,24               |
| 11   | 1,80b         | 0,74               | 2,55b      | 1,29b        | 0,99               | 2,28               | 1,82b       | 0,92               | 2,73               |

MSPA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; MST = Massa seca total; (g) = Gramas; ns = Não significativo. Trat = Tratamentos; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si, pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).

Para a massa seca da parte aérea do clone AEC 144, os tratamentos utilizando aplicações diárias (T1, T2 e T3), e o tratamento com três aplicações semanais e lâmina de 1 mm (T7), apresentaram médias superiores não diferindo entre si. Para o clone GG 100 apenas a testemunha (T11) diferiu dos demais tratamentos, obtendo média significativamente inferior. Para o clone VM 01 os tratamentos com as maiores frequências de aplicações (diárias e três aplicações semanais) e o tratamento com adubação convencional, apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si.

De acordo com Bellote e Silva (2000), a massa seca da parte aérea pode ser relacionada com a qualidade e quantidade de folhas. Tal característica é muito importante, uma vez que as folhas são responsáveis pela realização da fotossíntese.

Para a variável massa seca de raiz, nenhum dos clones avaliados obtiveram diferenças significativas. Tal fator pode estar relacionado a restrição do crescimento das raízes imposta pelo tubete aos 120 dias. Em pesquisa analisando o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização com N-P-K, Gomes et al. (2003) constataram que, o peso da matéria seca das raízes apresentou influencia significativa, sendo as maiores médias encontradas nos tratamentos com tubetes

de maior volume, independente da fertilização aplicada. De acordo com o autor, os tratamentos que utilizaram tubetes de menor volume obtiveram um menor índice de massa seca de raiz, devido às limitações físicas impostas pelo recipiente. Resultados parecidos foram observados por Santos et al. (2000) em mudas de *Cryptomeria japonica*, cuja maior massa seca das raízes foi relacionada com o maior volume do tubete.

Para a massa seca total (MST), apenas o clone AEC 144 possuiu diferenças significativas entre os tratamentos. Para o clone os tratamentos com as maiores frequências de aplicação (diariamente e três vezes por semana), e o tratamento utilizando adubação convencional, obtiveram as maiores médias. Os valores médios para relação altura x diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea x massa seca de raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD), encontram-se expostos na (Tabela 12).

**Tabela 12.** Valores médios para relação altura x diâmetro do coleto (H/D), massa seca da parte aérea x massa seca de raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) das mudas clonais de eucalipto.

| Trat | Clone AEC 144 |                    |                    | Clone GG 100 |          |                    | Clone VM 01 |          |                    |
|------|---------------|--------------------|--------------------|--------------|----------|--------------------|-------------|----------|--------------------|
|      | H/D           | MSPA/MSR           | IQD                | H/D          | MSPA/MSR | IQD                | H/D         | MSPA/MSR | IQD                |
| 1    | 7,87c         | 2,10 <sup>ns</sup> | 0,30 <sup>ns</sup> | 8,80b        | 2,26a    | 0,23 <sup>ns</sup> | 8,97b       | 3,13a    | 0,27 <sup>ns</sup> |
| 2    | 8,16c         | 2,30               | 0,26               | 9,80a        | 2,24a    | 0,21               | 9,06b       | 3,06a    | 0,28               |
| 3    | 8,23c         | 2,10               | 0,26               | 11,00a       | 2,06a    | 0,20               | 9,74a       | 3,07a    | 0,27               |
| 4    | 8,57b         | 2,10               | 0,23               | 9,20b        | 2,06a    | 0,19               | 8,40b       | 2,68b    | 0,23               |
| 5    | 8,56b         | 2,10               | 0,24               | 10,60a       | 2,18a    | 0,25               | 9,84a       | 2,72b    | 0,26               |
| 6    | 9,05b         | 2,00               | 0,31               | 8,60b        | 2,79a    | 0,24               | 9,55a       | 2,87b    | 0,24               |
| 7    | 10,48a        | 2,30               | 0,33               | 8,30b        | 2,53a    | 0,23               | 8,53b       | 2,86b    | 0,42               |
| 8    | 9,10b         | 1,90               | 0,26               | 9,40b        | 2,32a    | 0,26               | 9,31a       | 2,84b    | 0,27               |
| 9    | 8,80b         | 1,90               | 0,25               | 8,50b        | 2,06a    | 0,23               | 9,31a       | 2,84b    | 0,28               |
| 10   | 9,10b         | 2,10               | 0,26               | 9,50b        | 2,16a    | 0,22               | 9,44a       | 3,08a    | 0,29               |
| 11   | 8,70b         | 2,50               | 0,22               | 9,00b        | 1,32b    | 0,22               | 8,68b       | 1,98c    | 0,26               |

H/D = Relação altura x diâmetro do coleto; Relação massa seca da parte aérea pela massa seca de raiz; IQD = Índice de qualidade de Dickson; ns = Não significativo. Trat = Tratamentos; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Scott knott ( $\alpha = 0,05$ ).

A relação H/D, resultante da divisão da altura da parte aérea de uma muda, pelo seu respectivo diâmetro do colo, de acordo com Carneiro (1995), exprime o equilíbrio de crescimento de uma planta. O índice também é denominado de quociente de robustez, pois

fornece informações de quão delgada está a muda. Para Gomes e Paiva (2004), quanto menor for o valor deste índice, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem em campo. A relação obteve diferenças significativas para os três clones avaliados.

Foram observados comportamentos diferentes para os três clones na relação H/D. Para o AEC 144 os tratamentos com aplicações diárias, expressaram as menores médias sem diferirem entre si, sendo o tratamento utilizando a lâmina de 1 mm o de menor valor absoluto. Para o clone GG 100, os tratamentos utilizando três aplicações por semana obtiveram as menores médias, sendo o tratamento (T7), com a três aplicações e lâmina de 1 mm, o de menor valor absoluto. Já para o clone VM 01 no geral os tratamentos com aplicações diárias e menores lâminas (T1 e T2) e os tratamentos T4, T7 e T11 proporcionaram os menores resultados.

No geral, as mudas de eucalipto possuem maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro de coleto, conseqüentemente, os resultados obtidos para a relação H/D em todos os tratamentos, inclusive a testemunha, foram acima da faixa considerada ideal por Carneiro (1995). Segundo o autor, a relação H/D deve situar-se entre os limites de 5,4 a 8,1. No presente estudo os valores do índice considerando todos os tratamentos variaram de 7,87 a 10,48 para o clone AEC 144, de 8,30 a 11,00 para o clone GG 100 e de 8,40 a 9,74 para o clone VM 01. Apesar dos valores não estarem na faixa recomendada na literatura, quando comparado a estudos utilizando outros tipos de efluentes, o resultado do índice mostrou-se menor.

Valores acima do recomendado foram encontrados por Palissari et al. (2009), em estudo utilizando resíduos da suinocultura na produção de *Eucalyptus grandis*, em que a relação H/D, variou de 10,74 a 12,81. Resultados parecidos foram encontrados por Lougon (2010), analisando o crescimento de mudas de eucalipto irrigadas com água de diferentes qualidades, em que o tratamento que obteve as menores médias, apresentou índice oscilando entre 11,19 a 14,03.

Para a relação massa seca da parte aérea / massa seca de raiz (MSPA/MSR), o clone AEC 144 não apresentou respostas significativas em relação aos tratamentos. Já o clone GG 100, apenas o tratamento sem adubação diferiu significativamente, obtendo média inferior aos outros tratamentos. Para o clone VM 01 os tratamentos com aplicações diárias (T1, T2 e T3) e o tratamento utilizando adubação convencional, obtiveram as maiores médias sem diferirem entre si.

Para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos em nenhum dos clones avaliados. De acordo com Fonseca (2000), o índice é considerado um bom indicador de qualidade de mudas por integrar em seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa na muda, sendo ponderadas várias características importantes. Segundo Gomes (2001), mudas de boa qualidade possuem valores de IQD superiores a 0,20. Sendo que, quanto maior o valor do IQD, maior será o padrão de qualidade da muda. Apesar de não ter ocorrido diferenças nos clones avaliados, nota-se que os valores médios de todos os tratamentos, ficaram acima do limite definido em literatura para o índice, indicando boa qualidade das mudas produzidas pelo viveiro.

Na tabela 13, encontra-se o resumo dos tratamentos que obtiveram os valores adequados para cada variável analisada.

**Tabela 13.** Resumo dos tratamentos que apresentaram valores adequados para cada variável analisada.

| <b>Variáveis analisadas</b>                                | <b>Clone AEC 144</b>                         | <b>Clone GG 100</b>                          | <b>Clone Vm 01</b>                           |
|--|--|--|--|
| <b>Altura</b>  | T2, T3, T7                                   | T3   | T2, T3, T8, T9                               |
| <b>Diâmetro</b>  | T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10              | T2, T3, T6, T7, T8, T9, T10                  | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10      |
| <b>Nº de folhas</b>  | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 |
| <b>MSPA</b>  | T1, T2, T3, T7                               | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10      | T1, T2, T3, T7, T8, T9, T10                  |
| <b>MSR</b>   | NS   | NS   | NS   |
| <b>MST</b>   | T1, T2, T3, T4, T7, T9, T10                  | NS   | NS   |
| <b>H/D</b>   | T1, T2, T3                                   | T1, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11             | T1, T2, T4, T7, T11                          |
| <b>MSPA/MSR</b>  | NS   | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10      | T1, T2, T3, T10                              |
| <b>Tratamentos com maior número de variáveis adequadas</b> | <b>T2 e T3</b>                               | <b>T3, T7, T8, T9, T10</b>                   | <b>T2</b>                                    |

MSPA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; MST = Massa seca total; H/D = Relação altura x diâmetro do coleto; Relação massa seca da parte aérea pela massa seca de raiz; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação; NS = Diferença não Significativa entre os tratamentos.

Por meio dos resultados encontrados observa-se que para as características morfológicas analisadas no clone AEC 144, os tratamentos T2 e T3, proporcionaram maior número de variáveis com valores adequados, para o clone GG 100 os tratamentos T3, T7, T8, T9 e T10, proporcionaram os melhores resultados. Já para o clone VM 01 o tratamento T2 mostrou-se superior.

## 5.5 ANÁLISES NUTRICIONAIS

### 5.5.1 Macronutrientes

Na tabela 14, estão apresentados o resumo da análise de variância para os teores foliares dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), nos três clones avaliados.

**Tabela 14.** Resumo da análise de variância da concentração de macronutrientes nas folhas das mudas clonais de eucalipto em viveiro.

| Valores dos Quadrados Médios      |    |         |                    |         |        |                    |        |
|-----------------------------------|----|---------|--------------------|---------|--------|--------------------|--------|
| Clone 144 / g kg <sup>-1</sup>    |    |         |                    |         |        |                    |        |
| FV                                | GL | N       | P                  | K       | Ca     | Mg                 | S      |
| Tratamento                        | 10 | 15,23** | 0,44 <sup>ns</sup> | 6,05**  | 4,14** | 0,48*              | 0,52** |
| Média Geral                       |    | 9,00    | 2,48               | 7,84    | 10,87  | 3,55               | 2,08   |
| CV%                               |    | 14,41   | 18,25              | 11,06   | 6,93   | 11,95              | 15,44  |
| Clone GG 100 / g kg <sup>-1</sup> |    |         |                    |         |        |                    |        |
| FV                                | GL | N       | P                  | K       | Ca     | Mg                 | S      |
| Tratamento                        | 10 | 31,42** | 0,85**             | 9,88**  | 3,43** | 0,25 <sup>ns</sup> | 0,66** |
| Média Geral                       |    | 9,64    | 2,83               | 7,73    | 10,90  | 3,36               | 1,93   |
| CV%                               |    | 6,77    | 13,4               | 9,95    | 8,64   | 12,03              | 19,3   |
| Clone VM 01 / g kg <sup>-1</sup>  |    |         |                    |         |        |                    |        |
| FV                                | GL | N       | P                  | K       | Ca     | Mg                 | S      |
| Tratamento                        | 10 | 16,78** | 0,49**             | 12,05** | 6,08** | 0,33*              | 0,30** |
| Média Geral                       |    | 7,94    | 2,87               | 9,12    | 1,30   | 3,06               | 1,54   |
| CV%                               |    | 6,28    | 10,84              | 8,91    | 4,74   | 10,70              | 17,74  |

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdades; CV% = Coeficiente de variação em porcentagem; N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns = Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

Na análise de variância foram constatadas diferenças significativas para maioria dos nutrientes nos três clones avaliados, exceto para os teores de fósforo no clone AEC 144 e magnésio no clone GG 100. Nas tabelas 15 e 16, estão apresentados os valores das médias dos macronutrientes.

**Tabela 15.** Valores médios da concentração de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nas folhas das mudas clonais de eucalipto em viveiro.

| <b>Clone AEC 144</b> |                              |                              |                              |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Trat</b>          | <b>N (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>K (g kg<sup>-1</sup>)</b> |
| 1                    | 10,06a                       | 2,33 <sup>ns</sup>           | 7,40a                        |
| 2                    | 7,53b                        | 2,63                         | 7,93a                        |
| 3                    | 10,56a                       | 2,10                         | 9,76a                        |
| 4                    | 7,13b                        | 2,77                         | 8,10a                        |
| 5                    | 11,76a                       | 2,80                         | 6,88a                        |
| 6                    | 10,60a                       | 2,07                         | 7,56a                        |
| 7                    | 12,16a                       | 2,43                         | 8,66a                        |
| 8                    | 9,33a                        | 2,03                         | 8,43a                        |
| 9                    | 7,70b                        | 2,70                         | 8,73a                        |
| 10                   | 7,20b                        | 2,20                         | 8,53a                        |
| 11                   | 4,96c                        | 3,27                         | 4,26b                        |

| <b>Clone GG 100</b> |                              |                              |                              |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Trat</b>         | <b>N (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>K (g kg<sup>-1</sup>)</b> |
| 1                   | 13,93a                       | 3,96a                        | 6,36c                        |
| 2                   | 9,46c                        | 3,20b                        | 10,66a                       |
| 3                   | 13,40a                       | 2,83c                        | 9,76a                        |
| 4                   | 11,47b                       | 2,96c                        | 7,33c                        |
| 5                   | 9,36c                        | 2,20d                        | 6,73c                        |
| 6                   | 8,06d                        | 2,73c                        | 7,74c                        |
| 7                   | 14,53a                       | 2,70c                        | 7,46c                        |
| 8                   | 7,20e                        | 2,76c                        | 7,36c                        |
| 9                   | 6,40e                        | 2,13d                        | 8,40b                        |
| 10                  | 7,23e                        | 3,33b                        | 9,26a                        |
| 11                  | 5,13f                        | 2,33d                        | 3,96d                        |

| <b>Clone VM 01</b> |                              |                              |                              |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Trat</b>        | <b>N (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>P (g kg<sup>-1</sup>)</b> | <b>K (g kg<sup>-1</sup>)</b> |
| 1                  | 7,90c                        | 3,46a                        | 10,50a                       |
| 2                  | 7,26d                        | 2,66b                        | 10,00a                       |
| 3                  | 11,43a                       | 2,36b                        | 11,00a                       |
| 4                  | 6,73d                        | 3,26a                        | 7,60c                        |
| 5                  | 8,50c                        | 2,96a                        | 8,00b                        |
| 6                  | 7,33d                        | 3,03a                        | 8,00b                        |
| 7                  | 7,26d                        | 2,36b                        | 9,40b                        |
| 8                  | 6,60d                        | 2,56b                        | 8,60b                        |
| 9                  | 11,66a                       | 2,70b                        | 10,70a                       |
| 10                 | 9,53b                        | 3,54a                        | 11,22a                       |
| 11                 | 3,20e                        | 3,50b                        | 5,30c                        |

N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; g kg<sup>-1</sup> = Gramas por quilogramas; ns = Não significativo. Trat = Tratamento; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha = 0,05$ ).



O nitrogênio é considerado um elemento essencial para as plantas, pois está presente na composição de importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas. Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção e translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento de folhas e raízes (TAIZ e ZIEGER, 2004).

O elemento apresentou diferença significativa entre os tratamentos, para os três clones avaliados. Para o clone AEC 144, a concentração de nitrogênio nos tecidos foliares, apresentou amplitude de variação para todos os tratamentos entre 4,96 a 12,16 g kg<sup>-1</sup>. Os tratamentos que obtiveram as maiores médias foram o T1, T2, T5, T6, T7, T8. Para o clone GG 100 os valores dos tratamentos oscilaram entre 5,13 a 14,53 g kg<sup>-1</sup>, os tratamentos que utilizaram maiores frequências de aplicação (T1, T3 e T7), obtiveram médias superiores aos demais. Para o clone VM 01, a concentração do nutriente entre os tratamentos variou entre 3,20 a 11,66 g kg<sup>-1</sup>, observou-se que os tratamentos utilizando maiores frequências e lâminas de aplicação (T3 e T9) possuíam médias significativamente superiores aos demais. Para os três clones, os menores valores de médias foram encontrados na testemunha T11.

A faixa da concentração de nutriente considerada adequada por Silveira et al. (1999) e Leite (2003), para mudas do gênero *Eucalyptus* na fase de expedição é de 22 a 27 g kg<sup>-1</sup>. Todos os tratamentos nos três clones avaliados obtiveram valores de nitrogênio abaixo da faixa considerada adequada pelos autores, sendo que, o tratamento T3, proporcionou médias superiores para os três clones avaliados.

Com relação ao fósforo, o elemento possui grande importância, pois desempenha função estrutural, participando de vários processos metabólicos nas plantas, como a síntese de ácidos nucleicos, transferência de energia, respiração, participação em reações de redox, metabolismo de carboidratos, entre outros (VANCE et al., 2003).

Para os valores de fósforo, os tratamentos do clone AEC 144 não apresentaram diferenças significativas, sendo que os valores do nutriente variaram de 2,03 a 3,07 g kg<sup>-1</sup> para os tratamentos. Os clones GG 100 e VM 01 apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que para o clone GG100 os valores dos tratamentos oscilaram entre 2,13 a 3,96 g kg<sup>-1</sup>, e para o clone VM 01, os valores variaram de 2,36 a 3,54 g kg<sup>-1</sup>.

De acordo com Silveira et al. (1999) e Leite (2003), a faixa adequada do nutriente nas mudas é de 1,70 a 3,0 g kg<sup>-1</sup>. Nenhum dos tratamentos ficou abaixo do limite mínimo estabelecido. Entretanto observou-se uma extrapolação do limite máximo recomendado,

nos tratamentos T11 do clone AEC 144, T1, T2 e T10 no clone GG 100 e T1, T6, T10 e T11 do clone VM 01.

Com relação ao potássio, o nutriente é de fundamental importância, pois, entre suas funções está o controle osmótico nas células vegetais, além de ser o ativador de um grande número de enzimas. A presença adequada do nutriente resulta em vários benefícios às plantas, como maior incremento no crescimento das raízes, aumento da resistência às secas e às baixas temperaturas, e maior resistência a pragas e doenças (MEURER, 2006).

Os valores apresentaram diferenças significativas, para os três clones avaliados. Para o clone AEC 144 as médias variaram de 4,26 a 9,76 g kg<sup>-1</sup>, apenas o tratamento T11 diferiu dos demais, apresentando média significativamente inferior. Para o clone GG 100 a variação do nutriente entre os tratamentos ficou entre 3,96 a 10,66 g kg<sup>-1</sup>. Já para o clone VM 01, a concentração do nutriente nos tratamentos variou de 5,3 a 11,22 g kg<sup>-1</sup>. Silveira et al. (1999) estabelecem que a concentração ideal do nutriente na fase de expedição é de valores variando entre 8,5 a 9,0 g kg<sup>-1</sup>, para Leite (2003), esses valores devem variar de 20 a 25 g kg<sup>-1</sup>. Através da análise dos resultados médios, nota-se que os valores para todos os clones, apresentaram maiores aproximações com a faixa de concentração indicada por (Silveira et al., 1999).

Os valores médios da concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg), e enxofre (S) nos três clones avaliados, encontram-se expostos na (Tabela 16).

**Tabela 16.** Valores médios da concentração de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas das mudas clonais de eucalipto em viveiro.

| Clone AEC 144 |                          |                          |                         |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Trat          | Ca (g kg <sup>-1</sup> ) | Mg (g kg <sup>-1</sup> ) | S (g kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 10,53b                   | 3,83a                    | 3,13a                   |
| 2             | 10,66b                   | 3,30b                    | 2,10c                   |
| 3             | 8,33d                    | 3,00b                    | 1,83c                   |
| 4             | 11,13b                   | 3,96a                    | 2,02c                   |
| 5             | 12,70a                   | 3,33b                    | 1,90c                   |
| 6             | 10,96b                   | 3,36b                    | 1,53c                   |
| 7             | 11,86a                   | 4,00a                    | 2,03c                   |
| 8             | 10,50b                   | 3,53b                    | 2,03c                   |
| 9             | 10,96b                   | 4,10a                    | 1,82c                   |
| 10            | 9,83c                    | 3,70a                    | 2,12c                   |
| 11            | 12,13a                   | 2,93b                    | 2,46b                   |
| Clone GG 100  |                          |                          |                         |
| Trat          | Ca (g kg <sup>-1</sup> ) | Mg (g kg <sup>-1</sup> ) | S (g kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 11,63a                   | 3,87 <sup>ns</sup>       | 3,03a                   |
| 2             | 12,16a                   | 3,53                     | 2,30b                   |
| 3             | 12,53a                   | 3,20                     | 1,93c                   |
| 4             | 11,53a                   | 3,67                     | 2,23b                   |
| 5             | 9,76b                    | 3,10                     | 1,73c                   |
| 6             | 10,56b                   | 3,40                     | 1,46c                   |
| 7             | 10,80b                   | 2,93                     | 1,76c                   |
| 8             | 9,66b                    | 3,23                     | 1,53c                   |
| 9             | 9,83b                    | 3,40                     | 1,43c                   |
| 10            | 11,87a                   | 3,63                     | 2,12b                   |
| 11            | 9,83b                    | 3,07                     | 1,72b                   |
| Clone VM 01   |                          |                          |                         |
| Trat          | Ca (g kg <sup>-1</sup> ) | Mg (g kg <sup>-1</sup> ) | S (g kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 15,66a                   | 3,80a                    | 2,33a                   |
| 2             | 12,33d                   | 3,50a                    | 1,50b                   |
| 3             | 11,16e                   | 2,90b                    | 1,50b                   |
| 4             | 14,53b                   | 2,90b                    | 1,46b                   |
| 5             | 12,66d                   | 3,10b                    | 1,20b                   |
| 6             | 11,56e                   | 3,06b                    | 1,26b                   |
| 7             | 13,46c                   | 3,10b                    | 1,63b                   |
| 8             | 12,66d                   | 2,80b                    | 1,23b                   |
| 9             | 11,56e                   | 3,06b                    | 1,76b                   |
| 10            | 14,53b                   | 2,60b                    | 1,43b                   |
| 11            | 13,40c                   | 2,83b                    | 1,42b                   |

Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; g kg<sup>-1</sup> = Gramas por quilogramas; ns = Não significativo. Trat = Tratamento; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha = 0,05$ ).

O cálcio é considerado um nutriente estrutural das plantas, sendo indispensável para o funcionamento normal das membranas celulares dos vegetais. Além disso, o macronutriente também exerce inúmeras funções no processo de crescimento e desenvolvimento vegetal (MENGEL e KIRKBY, 2001). O valor do elemento apresentou diferenças significativas para todos os tratamentos analisados. Para o clone AEC 144 a concentração do nutriente apresentou variação de 9,83 a 12,70 g kg<sup>-1</sup>. Para o clone GG 100 os valores oscilaram entre 9,83 e 12,53 g kg<sup>-1</sup>. Já para o clone VM 01 os resultados variaram de 11,16 a 14,53 g kg<sup>-1</sup>. Observou-se que para os três clones, um grande número de tratamentos apresentaram valores acima do recomendado por Silveira et al. (1999) e Leite (2003), que estabelece como valores adequados 7,1 a 11 g kg<sup>-1</sup>, e 9 g kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Para o clone AEC 144, a maioria dos tratamentos ficou nas faixas consideradas adequadas, sendo que os tratamentos T4, T5, T7 e T11 apresentaram valores acima do indicado pelos autores. Para o GG 100, os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T10 apresentaram resultados um pouco acima do recomendado. Já para o VM 01, todos os tratamentos ficaram acima das faixas consideradas adequadas.

Quanto ao magnésio, o elemento possui como uma das principais funções a participação na molécula de clorofila, além de ser um ativador de várias enzimas (MENGEL e KIRKBY, 2001). Os valores de magnésio apresentaram diferenças significativas para os clones AEC 144 e VM 01. Já para o clone GG100, não houve diferenças entre os tratamentos. Para o clone AEC 144 os valores dos tratamentos variaram de 2,93 a 4,10 g kg<sup>-1</sup>. Já pra o clone VM 01 as médias variaram de 2,60 a 3,80 g kg<sup>-1</sup>. De maneira geral os três clones apresentaram valores adequados ou próximos do recomendado por Silveira et al. (1999) que é de 2,5 a 2,8 g kg<sup>-1</sup>, e por Leite (2003) que é de 3,5 g kg<sup>-1</sup>. Considerando a amplitude estabelecida pelos dois autores, para o clone AEC 144, os tratamentos que ficaram na faixa adequada foram o T2, T3, T5, T6 e T11. Para o clone GG100 foram todos os tratamentos com três aplicações semanais, e os tratamentos T3, T5, T6 e T11. Já para o VM 01 apenas o tratamento T1 ficou fora da amplitude indicada pelos autores.

Com relação ao enxofre, o elemento desempenha um papel muito importante na estrutura das proteínas, sendo constituinte de 21 aminoácidos e outros compostos (VITTI et al., 2006). Entre as suas funções está a promoção do desenvolvimento de enzimas e vitaminas, atuação na nodulação para fixação de nitrogênio em leguminosas, além de proporcionar as plantas, maior resistência à deficiência hídrica (SFREDO e LANTMANN, 2008). Os resultados apresentaram diferenças significativas para todos os clones. O

tratamento T1 apresentou médias significativamente superiores para os três clones avaliados. Para o clone AEC 144 os valores dos tratamentos variaram de 1,53 a 3,13 g kg<sup>-1</sup>, para o clone GG 100 os valores oscilaram entre 1,43 e 3,03 g kg<sup>-1</sup>, e para o clone VM 01 os resultados variaram de 1,23 a 2,33 g kg<sup>-1</sup>. A faixa considerada adequada do nutriente em mudas de eucalipto na fase de expedição por Silveira et al. (1999) e Leite (2003), é de valores variando de 1,5 a 2,5 g kg<sup>-1</sup>. Para o clone AEC 144, apenas o tratamento T1 ficou fora dos limites estabelecidos. Para o clone GG 100, os tratamentos T1, T6 e T9 apresentaram valores fora do indicado. E o clone VM 01, apenas os tratamentos T1, T2, T3, T7 e T9 apresentaram valores na faixa de recomendação.

### 5.5.2 Micronutrientes

Na tabela 17, está apresentado o resumo da análise de variância conjunta para os teores foliares dos micronutrientes, boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), avaliados nas mudas clonais na fase de expedição.

**Tabela 17.** Resumo da análise de variância da concentração de micronutrientes nas folhas das mudas clonais de eucalipto em viveiro.

| Valores dos Quadrados Médios        |    |          |         |           |            |         |
|-------------------------------------|----|----------|---------|-----------|------------|---------|
| Clone AEC 144 / mg kg <sup>-1</sup> |    |          |         |           |            |         |
| FV                                  | GL | B        | Zn      | Fe        | Mn         | Cu      |
| Tratamento                          | 10 | 170,27** | 60,63** | 7254,5**  | 68229,15** | 5,53**  |
| Média Geral                         |    | 31,66    | 27,36   | 139,06    | 524,96     | 10,33   |
| CV%                                 |    | 8,37     | 6,36    | 11,70     | 4,45       | 19,57   |
| Clone GG 100 / mg kg <sup>-1</sup>  |    |          |         |           |            |         |
| FV                                  | GL | B        | Zn      | Fe        | Mn         | Cu      |
| Tratamento                          | 10 | 190,66** | 93,48** | 2931,45** | 39333**    | 4,2545* |
| Média Geral                         |    | 29,33    | 25,54   | 121,72    | 580,48     | 9,60    |
| CV%                                 |    | 6,61     | 9,92    | 5,36      | 2,55       | 12,02   |
| Clone VM 01 / mg kg <sup>-1</sup>   |    |          |         |           |            |         |
| FV                                  | GL | B        | Zn      | Fe        | Mn         | Cu      |
| Tratamento                          | 10 | 133,33** | 93,47** | 4859,5**  | 38410**    | 3,36**  |
| Média                               |    | 20,66    | 30,09   | 131,72    | 399,57     | 10,86   |
| CV%                                 |    | 7,29     | 5,58    | 5,40      | 9,20       | 12,21   |

FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdades; CV% = Coeficiente de variação em porcentagem; B = Boro; Zn = Zinco; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Cu = Cobre; mg kg<sup>-1</sup> = Miligramas por quilogramas; \*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ); \* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $0,01 \leq p < 0,05$ ); ns = Não significativo ( $p \geq 0,05$ ).

A análise de variância mostrou que houve diferenças significativas para todos os clones e maioria dos micronutrientes avaliados, exceto para o cobre no clone AEC 144. Os valores médios dos tratamentos encontram-se expostos na (Tabela 18).

**Tabela 18.** Valores médios da concentração dos elementos boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn) e cobre (Cu), nas folhas das mudas clonais de eucalipto.

| Clone AEC 144 |                          |                           |                           |                           |                           |
|---------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Trat          | B (mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 39,00a                   | 35,33a                    | 152,66c                   | 633,33b                   | 10,00 <sup>ns</sup>       |
| 2             | 42,00a                   | 25,00c                    | 116,66d                   | 613,00b                   | 9,67                      |
| 3             | 32,00b                   | 22,33d                    | 77,00e                    | 384,33e                   | 12,00                     |
| 4             | 22,66c                   | 26,33c                    | 104,33d                   | 558,66c                   | 10,00                     |
| 5             | 36,00b                   | 27,00c                    | 181,00b                   | 622,33b                   | 8,67                      |
| 6             | 30,00b                   | 30,33b                    | 165,66b                   | 547,00c                   | 10,67                     |
| 7             | 21,00c                   | 34,00a                    | 110,66d                   | 504,33d                   | 10,67                     |
| 8             | 34,66b                   | 21,33d                    | 128,00c                   | 485,00d                   | 10,00                     |
| 9             | 37,33a                   | 23,33d                    | 127,66c                   | 143,00f                   | 11,33                     |
| 10            | 34,00b                   | 28,33c                    | 108,66d                   | 611,66b                   | 12,67                     |
| 11            | 19,66c                   | 27,66c                    | 257,33a                   | 672,00a                   | 8,00                      |
| Clone GG 100  |                          |                           |                           |                           |                           |
| Trat          | B (mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 35,00b                   | 35,33a                    | 165,00a                   | 684,33b                   | 9,33a                     |
| 2             | 41,66a                   | 24,66b                    | 142,00b                   | 637,00c                   | 10,66a                    |
| 3             | 32,00b                   | 23,00b                    | 162,00a                   | 651,66c                   | 10,66a                    |
| 4             | 40,00a                   | 26,00b                    | 134,66c                   | 738,66a                   | 10,66a                    |
| 5             | 24,66c                   | 26,00b                    | 85,66e                    | 538,00e                   | 7,33b                     |
| 6             | 30,66b                   | 31,00a                    | 88,66e                    | 541,66e                   | 10,00a                    |
| 7             | 22,00d                   | 33,00a                    | 97,00d                    | 596,00d                   | 10,00a                    |
| 8             | 22,00d                   | 18,66c                    | 104,00d                   | 384,66f                   | 8,33b                     |
| 9             | 27,00c                   | 23,66b                    | 81,33e                    | 382,66f                   | 9,33a                     |
| 10            | 32,00b                   | 21,66c                    | 131,33c                   | 657,66c                   | 11,00a                    |
| 11            | 15,66e                   | 18,00c                    | 147,33b                   | 573,00d                   | 8,33b                     |
| Clone VM 01   |                          |                           |                           |                           |                           |
| Trat          | B (mg kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) | Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) |
| 1             | 35,33a                   | 44,66a                    | 218,66a                   | 695,00a                   | 13,66a                    |
| 2             | 17,66d                   | 31,66c                    | 144,00c                   | 400,00c                   | 9,86b                     |
| 3             | 20,33c                   | 26,66d                    | 123,66d                   | 314,66d                   | 11,00b                    |
| 4             | 22,33c                   | 39,00a                    | 163,66b                   | 433,33b                   | 12,66a                    |
| 5             | 8,66e                    | 28,33d                    | 82,66g                    | 349,66d                   | 12,00a                    |
| 6             | 17,66d                   | 25,66d                    | 165,00b                   | 469,33b                   | 10,00b                    |
| 7             | 21,33c                   | 28,00d                    | 107,00e                   | 368,66c                   | 9,00b                     |
| 8             | 18,66d                   | 25,33d                    | 87,66g                    | 345,66d                   | 10,00b                    |
| 9             | 16,00d                   | 27,33d                    | 99,00f                    | 256,33e                   | 9,66b                     |
| 10            | 26,33b                   | 34,66b                    | 140,00c                   | 379,66c                   | 11,66a                    |
| 11            | 23,00c                   | 27,66d                    | 117,66d                   | 383,00c                   | 10,00b                    |

B = Boro; Zn = Zinco; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Cu = Cobre; mg kg<sup>-1</sup> = Miligramas por quilo; ns = Não significativo. Trat = Tratamento; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $\alpha = 0,05$ ).

O boro (B) é um nutriente que satisfaz apenas o critério indireto de essencialidade, pois ainda não se encontrou nenhum composto vital no qual ele participe, ou qualquer reação crucial do metabolismo que é interrompida na sua ausência (MARSCHNER, 2012). Embora a precisa função do elemento no metabolismo dos vegetais não esteja completamente esclarecida, evidências sugerem que ele executa funções importantes no alongamento da célula, na síntese de ácidos nucleicos, nas respostas a hormônios e na integridade estrutural da parede celular (FAGERIA, 2001).

Para o clone AEC 144 os valores do nutriente variaram de 19,66 a 42,00 mg kg<sup>-1</sup>, os tratamentos que apresentaram as maiores médias, foram os que utilizaram as maiores frequências de aplicação o T1, T2 e o T9. Para o clone GG 100 os valores dos tratamentos oscilaram de 15,66 a 41,66 mg kg<sup>-1</sup>, os tratamentos que obtiveram as maiores médias foram o T2 e T4. Já para o clone VM 01, os valores dos tratamentos variaram de 8,66 a 35,33 mg kg<sup>-1</sup>, o tratamento que obteve a maior média foi o T1. A faixa de concentração adequada indicada por Silveira et al. (1999) é de valores variando de 34 a 44 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto Leite (2003) estabelece valores ideais oscilando entre 40 e 60 mg kg<sup>-1</sup>. De maneira geral, os valores obtidos nos três clones apresentaram maior aproximação com a faixa recomendada por Silveira et al. (1999), sendo que para o clone AEC 144, os tratamentos T3, T4, T6, T7 e T11 apresentaram valores abaixo do limite proposto pelo autor. Para o clone GG 100 apenas os tratamentos T1, T2 e T4 encontraram-se na faixa adequada. Já para o clone VM 01, a maioria dos tratamentos ficou abaixo da faixa mínima recomendada, apenas o tratamento T1, apresentou valores considerados adequados.

Com relação ao zinco (Zn), o elemento é ativador de várias enzimas e componente estrutural de outras. Possui participação na fotossíntese nas plantas C4, através da enzima carboxilase pirúvica e é necessário para a produção de triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético, hormônio vegetal de crescimento (MALAVOLTA, 2006).

Para o clone AEC 144 os tratamentos apresentaram variações de 22,33 a 35,33 mg kg<sup>-1</sup>. Para o clone GG 100, os valores dos tratamentos variaram de 18,00 a 35,33 mg kg<sup>-1</sup>. E para o clone VM 01, os valores oscilaram de 25,66 a 44,66 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o tratamento T1 o de maior valor. De acordo com Silveira et al. (1999), a concentração adequada do nutriente varia de 15 a 20 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto Leite (2003) estabelece o valor de 35 mg kg<sup>-1</sup> como valor adequado. Considerando a amplitude de variação estabelecida pelos dois autores o único tratamento que ficou fora dos limites estabelecidos para os três clones foi o T1. No entanto para os três clones o seu valor ficou muito próximo do recomendado.



O ferro é um elemento essencial às plantas, envolvido nas reações de oxi-redução, participa no metabolismo dos ácidos nucléicos, faz parte na constituição de várias enzimas e regula vários processos bioquímicos como síntese de clorofila, fotossíntese e respiração, apresentando também funções na redução de nitritos e de sulfatos (FERRERAZI, 2006). Para o clone AEC 144, os valores do ferro variaram de 77 a 257 mg kg<sup>-1</sup>. Para o clone GG 100 os valores dos tratamentos oscilaram entre 81,33 a 165,00 mg kg<sup>-1</sup>. E Para o clone VM 01 os valores variaram de 87,66 a 218,66 mg kg<sup>-1</sup>. De acordo com Silveira et al. (1999), os valores adequados do nutriente variam de 65 a 125 mg kg<sup>-1</sup>, para Leite (2003) esse valor é de 200 mg kg<sup>-1</sup>. Considerando a amplitude de variação estabelecida pelos dois autores, para o clone AEC 144 apenas a testemunha T11, apresentou valores acima do recomendado. Para o clone GG 100 todos tratamentos apresentaram valores adequados. E para o clone VM 01 apenas o tratamento T1, apresentou valor um pouco acima das recomendações.

O manganês é um nutriente essencial para os vegetais, satisfazendo tanto o critério direto quanto o indireto de essencialidade, o elemento apresenta grande importância no metabolismo das plantas, atuando como ativador de enzimas, na síntese de clorofila e fotossíntese (FAGERIA, 2001). Para o clone AEC 144 os valores médios dos tratamentos oscilaram entre 384,00 a 682,00 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que o tratamento que apresentou os maiores valores do nutriente foi a testemunha. Para o clone GG 100 os valores oscilaram entre 382,00 a 738,66 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o tratamento T4, o de maior média. Já para o VM 01 as médias variaram de 256,33 a 695,00 mg kg<sup>-1</sup>, sendo o tratamento T1 o de maior valor. A faixa considerada adequada do nutriente por Silveira et al. (1999) é de 200 a 840 mg kg<sup>-1</sup>. Para Leite (2003) os valor adequado é de 600 mg kg<sup>-1</sup>. Apenas o tratamento T9 no clone AEC 144, apresentou resultado fora da amplitude de variação estabelecida pelos autores.

Com relação ao cobre, a principal função do elemento no metabolismo vegetal é a participação na ativação e nos componente de enzimas que realizam reações de oxi-redução. Estas enzimas contendo cobre atuam no transporte de substância, dessa forma o elemento participa de uma série de processos metabólicos nos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Para o clone AEC 144 os tratamentos não apresentaram diferenças significativas, sendo que estes apresentaram valores variando de 8,00 a 12,67 mg kg<sup>-1</sup>. Para o clone GG 100, os valores oscilaram entre 7,33 a 11,00 mg kg<sup>-1</sup>, os tratamentos T5, T8 e T11, diferiram dos demais, apresentado médias inferiores. Já para o clone VM 01 os valores

variaram de 9,00 a 13,66 mg kg<sup>-1</sup>, sendo que os tratamentos T1, T4, e T5 apresentaram médias superiores aos demais. Todos os tratamentos se enquadraram na amplitude de variação estabelecidas por Silveira et al. (1999) e Leite (2003), que é de 6 a 7 mg kg<sup>-1</sup> e 15 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Com relação aos teores de macro e micronutrientes, nenhum dos tratamentos avaliados apresentaram todos os elementos nas faixas consideradas adequadas por Silveira et al. (1999) e Leite (2003). No entanto a maioria dos tratamentos enquadrou-se para um grande número de elementos, ou ficaram muito próximos do recomendado, principalmente com relação aos micronutrientes, onde a amplitude de variação recomenda pelos autores é maior. O tratamento que apresentou a maior discrepância em relação às recomendações estabelecidas na literatura para os três clones avaliados foi a testemunha (T11), que não utilizou nenhum tipo de adubação.

Na tabela 19, encontra-se o resumo dos tratamentos que apresentaram os melhores resultados de acordo com as faixas consideradas adequadas para cada nutriente analisado.

**Tabela 19.** Resumo dos tratamentos que apresentaram os melhores resultados de acordo com as faixas consideradas adequadas para cada nutriente analisado.

| Nutrientes analisados                                      | Clone AEC 144                            | Clone GG 100                                | Clone VM 01                                 |
|--|--|---|---|
| <b>N</b>   | T1, T3, T5, T6, T7, T8                   | T1, T3, T7                                  | T3, T9                                      |
| <b>P</b>   | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10  | T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T11             | T2, T3, T5, T7, T8, T10                     |
| <b>K</b>   | T7, T9, T10                              | Todos os tratamentos fora da faixa adequada | T8  |
| <b>Ca</b>  | T1, T2, T3, T6, T8, T9, T10              | T5, T6, T7, T8, T9, T11                     | Todos os tratamentos fora da faixa adequada |
| <b>Mg</b>  | T2, T3, T5, T6, T11                      | T3, T5, T6, T7, T8, T9, T11                 | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11    |
| <b>S</b>   | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 | T2, T3, T4, T5, T7, T8, T10, T11            | T1, T2, T3, T7, T9                          |
| <b>B</b>   | T1, T2, T5, T8, T9, T10                  | T1, T2, T4                                  | T1  |
| <b>Zn</b>  | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11    | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11    |
| <b>Fe</b>  | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10  | Todos os tratamentos na faixa adequada      | T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11    |
| <b>Mn</b>  | T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T10, T11 | Todos os tratamentos na faixa adequada      | Todos os tratamentos na faixa adequada      |
| <b>Cu</b>  | Todos os tratamentos na faixa adequada   | Todos os tratamentos na faixa adequada      | Todos os tratamentos na faixa adequada      |
| <b>Tratamentos com maior número de variáveis adequadas</b> | <b>T2, T3, T5, T6, T10</b>               | <b>T7</b>                                   | <b>T3</b>                                   |

N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; B = Boro; Zn = Zinco; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Cu = Cobre; T1 = Aplicação diária + lâmina de 1 mm; T2 = Aplicação diária + lâmina de 2 mm; T3 = Aplicação diária + lâmina de 3 mm; T4 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 1mm; T5 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 2 mm; T6 = Aplicação 2x na semana + lâmina de 3 mm; T7 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 1 mm; T8 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 2 mm; T9 = Aplicação 3x na semana + lâmina de 3 mm; T10 = Adubação convencional praticada pelo viveiro; T11 = Sem adubação.

Para o clone AEC 144, os tratamentos T2, T3, T5, T6 e T7 proporcionaram maior quantidade de elementos na faixa recomendada pelos autores Higashi (2000), e Silveira et al, (2000). Para o clone GG 100 o tratamento T7 proporcionou maior quantidade de elementos na faixa de recomendação. E para o clone VM 01, o tratamento T3 apresentou maior quantidade de elementos na faixa de recomendação.

Com relação ao grau de associação entre os teores de nutrientes presentes nas folhas das mudas e as características morfológicas, observou-se que os macronutrientes apresentaram maiores correlações com as variáveis morfológicas analisadas. Com relação aos micronutrientes, a maioria apresentou correlações negativas. Os elementos que apresentaram maiores correlações com as variáveis morfológicas foram o nitrogênio, potássio, cálcio e o ferro.

Os valores da correlação de Pearson para os teores de nutrientes e as variáveis morfológicas analisadas encontram-se na (Tabela 20).

**Tabela 20.** Correlação de Pearson entre as concentrações de macro e micronutrientes presentes nas folhas e as variáveis morfológicas analisadas.

| <b>Clone AEC 144</b> |          |          |          |           |           |          |          |           |           |           |           |
|----------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                      | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> | <b>B</b> | <b>Zn</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Cu</b> |
| <b>H</b>             | 0,52     | -0,49    | 0,81**   | -0,40     | 0,29      | -0,27    | 0,54     | -0,08     | -0,80**   | -0,36     | -0,48     |
| <b>F</b>             | 0,29     | -0,43    | 0,23     | -0,59     | -0,22     | 0,40     | 0,38     | 0,10      | -0,14     | -0,05     | -0,39     |
| <b>D</b>             | 0,25     | -0,49    | 0,71*    | -0,39     | 0,34      | -0,44    | -0,04    | -0,09     | -0,68*    | -0,53     | -0,23     |
| <b>MSPA</b>          | 0,09     | -0,18    | 0,44     | -0,52     | 0,15      | 0,47     | 0,29     | 0,21      | -0,55     | -0,02     | -0,38     |
| <b>MSR</b>           | 0,22     | -0,58    | 0,81**   | -0,76**   | 0,38      | 0,17     | 0,54     | -0,05     | -0,82**   | -0,40     | -0,57     |
| <b>H/D</b>           | 0,29     | -0,14    | 0,15     | 0,31      | 0,36      | -0,37    | -0,54    | 0,25      | -0,09     | -0,13     | 0,34      |
| <b>MSPA/MSR</b>      | -0,34    | 0,69*    | -0,64*   | 0,37      | -0,44     | 0,40     | -0,39    | 0,28      | 0,50      | 0,54      | 0,30      |
| <b>MST</b>           | 0,14     | -0,32    | 0,59     | -0,63*    | 0,23      | 0,39     | 0,39     | 0,13      | -0,67*    | -0,15     | -0,46     |
| <b>IQD</b>           | 0,69*    | -0,60*   | 0,37     | -0,10     | 0,30      | 0,04     | 0,03     | 0,63*     | -0,27     | -0,02     | -0,01     |
| <b>Clone GG 100</b>  |          |          |          |           |           |          |          |           |           |           |           |
|                      | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> | <b>B</b> | <b>Zn</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Cu</b> |
| <b>H</b>             | 0,38     | 0,17     | 0,87**   | 0,66*     | 0,05      | 0,07     | 0,43     | 0,00      | 0,17      | 0,15      | 0,71*     |
| <b>F</b>             | 0,53     | 0,47     | 0,05     | 0,42      | 0,56      | 0,52     | 0,59     | 0,26      | 0,44      | 0,54      | 0,22      |
| <b>D</b>             | -0,03    | 0,18     | 0,60     | 0,10      | 0,00      | -0,17    | 0,04     | 0,11      | -0,32     | -0,39     | 0,22      |
| <b>MSPA</b>          | 0,39     | 0,22     | 0,47     | 0,11      | 0,05      | -0,04    | 0,24     | 0,59      | -0,46     | -0,19     | 0,16      |
| <b>MSR</b>           | -0,39    | -0,39    | -0,44    | -0,39     | -0,44     | -0,19    | -0,59    | -0,63*    | 0,22      | -0,28     | -0,44     |
| <b>H/D</b>           | 0,12     | -0,04    | 0,35     | 0,34      | -0,13     | 0,08     | 0,19     | -0,37     | 0,31      | 0,20      | -0,05     |
| <b>MSPA/MSR</b>      | 0,38     | 0,25     | 0,44     | 0,15      | 0,13      | -0,04    | 0,31     | 0,63*     | -0,45     | -0,08     | 0,25      |
| <b>MST</b>           | 0,33     | 0,12     | 0,40     | -0,02     | -0,12     | -0,12    | 0,06     | 0,48      | -0,49     | -0,35     | 0,03      |
| <b>IQD</b>           | -0,25    | -0,17    | -0,28    | -0,67*    | -0,28     | -0,33    | -0,49    | 0,11      | -0,58     | -0,69*    | -0,67*    |
| <b>Clone VM 01</b>   |          |          |          |           |           |          |          |           |           |           |           |
|                      | <b>N</b> | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> | <b>B</b> | <b>Zn</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Cu</b> |
| <b>H</b>             | 0,79**   | -0,17    | -0,38    | -0,32     | 0,05      | -0,11    | -0,18    | 0,02      | -0,07     | -0,16     | 0,10      |
| <b>F</b>             | 0,18     | -0,12    | -0,17    | -0,35     | -0,29     | -0,40    | -0,52*   | -0,33     | -0,42     | -0,56     | -0,03     |
| <b>D</b>             | 0,64*    | 0,17     | 0,17     | -0,11     | 0,26      | -0,06    | 0,09     | 0,25      | 0,13      | 0,06      | 0,07      |
| <b>MSPA</b>          | 0,68*    | -0,10    | -0,15    | -0,06     | 0,30      | 0,22     | 0,15     | 0,34      | 0,09      | 0,02      | 0,10      |
| <b>MSR</b>           | -0,20    | -0,52    | -0,10    | -0,09     | -0,31     | 0,16     | -0,08    | -0,20     | -0,54     | -0,44     | -0,32     |
| <b>H/D</b>           | 0,58     | -0,03    | 0,03     | -0,55     | -0,05     | -0,40    | -0,45    | -0,22     | -0,28     | -0,27     | 0,03      |
| <b>MSPA/MSR</b>      | 0,69*    | 0,18     | -0,06    | 0,00      | 0,39      | 0,12     | 0,18     | 0,38      | 0,32      | 0,22      | 0,23      |
| <b>MST</b>           | 0,63*    | -0,20    | -0,17    | -0,08     | 0,23      | 0,25     | 0,13     | 0,29      | -0,03     | -0,07     | 0,03      |
| <b>IQD</b>           | 0,04     | -0,42    | 0,01     | 0,09      | 0,10      | 0,17     | 0,10     | -0,01     | -0,23     | -0,12     | -0,44     |

H = Altura; F = N° de Folhas; D = Diâmetro do coleto; MSPA = Massa seca da parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; H/D = Relação altura pelo diâmetro do coleto; MSPA/MSR = Relação massa seca da parte aérea pela massa seca de raiz; MST = Massa seca total; IQD = Índice de qualidade de Dickson; N = Nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; S = Enxofre; B = Boro; Zn = Zinco; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Cu = Cobre.

Para o elemento nitrogênio, observou-se que este apresentou correlações positivas para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) no clone AEC 144. Para o clone VM 01 houve correlações positivas para a variável altura (H), diâmetro do coleto (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), relação massa seca da parte aérea e massa seca de raiz (MSPA/MSR) e massa seca total (MST). Já para o clone GG 100, não foram verificados correlações do elemento com as características morfológicas.

O efeito positivo do nitrogênio para as variáveis morfológicas nos clones AEC 144 e VM 01, podem estar relacionadas ao fato deste nutriente ser responsável pelo crescimento vegetativo. Em estudos analisando a influência da aplicação do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição mineral de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), Ramos et al. (2000) encontraram correlação entre o aumento das doses do nitrogênio e aumento das variáveis altura e massa seca da parte aérea. De acordo com Cobucci (1991), o elemento tem participação em diversas características relacionadas ao crescimento e desenvolvimento de vegetal.

Para o elemento fósforo houve correlação apenas para o clone AEC 144, sendo que a variável MSPA/MSR apresentou correlação positiva e a variável IQD apresentou correlação negativa para o clone.

O potássio no clone AEC 144, apresentou correlação positiva para as variáveis, altura, diâmetro do coleto e massa seca de raiz, apresentando correlação negativa para variável MSPA/MSR. Para o clone GG 100 verificou-se correlação positiva apenas para variável altura. E para o clone VM 01 não houve correlação entre os nutrientes e as características morfológicas analisadas. Correlações entre a presença do elemento favorecendo o desenvolvimento em altura também foram observados por Silva et al. (2013), analisando o efeito de calcário e potássio na qualidade de mudas de Cedro doce (*Bombacopsis quinata*).

O cálcio apresentou correlações negativas para a massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) no clone AEC 144. Para o clone GG 100 houve correlações positivas para a altura (H) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Para o clone VM 01 não houve correlações com as variáveis analisadas.

Os micronutrientes magnésio (Mg), enxofre (S) e boro (B) não apresentaram correlações para nenhum dos três clones analisados. O elemento zinco (Zn) obteve correlação positiva para variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD) no clone AEC 144, para o clone GG 100 houve correlação positiva para a relação MSPA/MSR, e

correlação negativa para massa seca de raiz (MSR). E para o clone VM 01 não houve correlações.

O elemento ferro foi o micronutriente que apresentou maior número de correlações negativas para um clone. Para o AEC 144, o elemento correlacionou-se negativamente para as variáveis, altura (H), diâmetro do coleto (D), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST). Não houve correlações do elemento para os clones GG 100 e VM 01.

Para o elemento manganês (Mn), houve interação apenas para o clone GG 100, com correlação negativa para a variável Índice de Qualidade de Dickson (IQD), Sgarbi et al. (2000), também encontrou correlações negativas para o nutriente com relação a produtividade de espécie do gênero *Eucalyptus*, indicando que os elevados teores do nutriente estariam sendo prejudicial ao desenvolvimento das plantas.

## **5.6 DISCUSSÃO INTEGRADA DOS PARÂMETROS**

Por meio dos resultados obtidos no presente estudo, observou-se que, para os clones AEC 144 e o VM 01 a utilização dos tratamentos com as maiores frequências de aplicação, associados às maiores lâminas do efluente (tratamentos T2 e T3), proporcionaram no geral maior qualidade. No entanto para o clone GG 100 o tratamento com três aplicações semanais e lâmina de 1 mm (tratamento T7), apresentou os melhores resultados quando conjugado todas as variáveis analisadas.

Com relação às características do efluente do minijardim clonal, não foram observados, para nenhuma das variáveis analisadas, padrões considerados tóxicos ou inapropriados para a sua reutilização como fertirrigação.

A análise nutricional dos clones demonstrou que a maioria dos tratamentos apresentou valores adequados ou próximos da faixa indicada na literatura para mudas do gênero na fase de expedição. É importante ressaltar que em nenhum dos tratamentos e foram encontrados sinais aparentes de fitotoxicidade nas mudas ocasionados pela presença de algum elemento.

Os resultados encontrados no presente pesquisa demonstram que a utilização do efluente do minijardim clonal como adubação residual na produção de mudas de eucalipto, possui um elevado potencial, uma vez que proporcionou a obtenção de mudas de maior qualidade em relação à adubação convencional praticada pelo viveiro. Além disso, a sua utilização pode apresentar significativos benefícios ambientais e econômicos, como a diminuição do descarte inadequado gerado pelo processo produtivo, e economia de adubos utilizados pelo viveiro.

Portanto, a utilização do efluente na adubação de cobertura para produção de mudas clonais de eucalipto é recomendada, no entanto vale salientar que, devido à diferença de manejo nutricional adotado no minijardim clonal por diferentes viveiros, é imprescindível a realização de análises químicas do efluente anteriormente à sua aplicação. Cabe ressaltar que diferentes materiais genéticos, em condições ambientais diferenciadas, podem não apresentar os mesmos resultados obtidos na presente pesquisa.

Dessa forma, sugere-se que futuros estudos sejam desenvolvidos, em outros minijardins clonais e materiais genéticos, buscando adaptar as dosagens utilizadas para obtenção de mudas de boa qualidade.



## 6. CONCLUSÃO

A utilização do efluente do minijardim clonal na adubação de mudas de eucalipto apresentou resultados promissores, pois além de propiciar a produção de mudas com maior padrão de qualidade, permitiu o reaproveitamento do efluente gerado no minijardim clonal, minimizando os impactos oriundos dos descartes inadequados. A análise nutricional dos clones demonstrou que para a maioria dos tratamentos, os elementos analisados apresentaram valores adequados ou próximos da faixa recomendada na literatura para mudas do gênero *Eucalyptus*. Observou-se que para os clones AEC 144 e o VM 01 os tratamentos que utilizaram as maiores frequências de aplicação, associados às maiores lâminas do efluente (tratamentos T2 e T3), proporcionaram maior qualidade das mudas. Já para o clone GG 100 o tratamento com três aplicações semanais e lâmina de 1 mm (tratamento T7), apresentou os melhores resultados quando conjugado todas as variáveis analisadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148p.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.455-463, 2007.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. ex. maiden. **Revista Árvore**, v.31, n.4, p. 745-751, 2007.

ASSIS, T. F. de.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: UFV, 2007. p.93-121.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W.; Trad. GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. **Qualidade da água para agricultura**. (2ª Ed). Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 267p.

BATISTA, R. O.; MARTINEZ, M. A.; PAIVA, H. N.; BATISTA, R. O.; CECON, P. R. Efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substrato de resíduos sólidos urbanos. **Ambi-Água**, v.8, n.2, p.180-191, 2013.

BELLAMINE, J.; PENEL, C.; GREPPIN, H.; GASPAR, T. Confirmation of the role of auxin and calcium in the late phases of adventitious root formation. **Plant Growth Regulation**, v.26, n.3, p.191-194, 1998.

BELLOTE, A. J. F.; SILVA, H. D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p.135-166.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. (7 ed.) Viçosa: UFV, 2005. 611p.

BLUM, J. R. C. **Critérios e Padrões da Qualidade da Água**. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de Água**. São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003, p.125-127.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. **Agricultural Water Management**, v.45, n.3, p.217-28, 2000.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer- Verlag, 1979. 188 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais**. PENSAF, Brasília, 2006.

CALDEIRA, M. V. W.; BLUMB, H.; BALBINOTC, R.; LOMBARDI, K. C. Uso do resíduo de algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n.2, p.191-202, 2008.

CROMER, R. N. Irrigation of radiata pine with wastewater: A review of the potential for tree growth and water renovation. **Australian Forestry**, v.43, n.2, p.87-100, 1980.

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

COBUCCI, T. Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio de milho-feijão. Viçosa. 1991. 94p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

COSTA, M. S.; ALVES, S. M. C.; NETO, M. F.; BATISTA, R. O.; COSTA, L. L. B.; MARTINS OLIVEIRA, W. M. Produção de mudas de timbaúba sob diferentes concentrações de efluente doméstico tratado. **Irriga**, v.1, n.1, p.408-422, 2012.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. In: **Fábio Cesar da Silva**. (2 Ed). Revisada e ampliada, Brasília – DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n.8, p. 1269-1290, 2001.

FERRAREZI, R. S. **Fontes de ferro no desenvolvimento de porta-enxertos cítricos produzidos em substrato**. 2006. 103p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico, Campinas, 2006.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. (2013). **ExpDes: Experimental Designs package**. R package version 1.1.2. 2013.

FERREIRA, O. E, BELTRÃO, N. E. M, KÖNIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.9, n.01/03, p.893-902, 2005.

FONSECA, C. A.; PAIVA, H. N.; GUERREIRO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete cascas (*Samanea inopinata* Harms). **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.537-546, 2006.

FONSECA, E. P. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* ( L.) Blume, *Cedrella fissilis* Veli. E *Aspidosperma polyneuron* Mull Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg. Produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** 2000. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

FREIRE, E. A. **Crescimento inicial de pinhão manso em função da irrigação com água residuária e adubação orgânica.** 2011. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina grande, Campina Grande, 2011.

FREITAG, A. S. **Frequências de Irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro.** 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F.; FREITAS, A. F. Caracterização dos viveiros florestais de Viçosa, Minas Gerais: um estudo exploratório. **Desenvolvimento em Questão**, v.11, n.22, p.208-234, 2013.

GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (Ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. In: SIMPÓSIO MANEJO E CONTROLE DA SALINIDADE NA AGRICULTURA IRRIGADA. 27., 1997. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB, 1997. 383p.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K.** 2001. 126p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização com N-P-K. **Revista Árvore**, vol.27, n.2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada.** 3.ed. Viçosa, UFV, 2004. 116p. (Caderno didático nº 72).

GUIMARÃES, R. Z.; GONÇALVES, M. L.; MEDEIROS, S. W. A silvicultura e os recursos hídricos superficiais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.79-85, 2008.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia e Análise de Dados**. Salvador, v.13, n.Especial, p.411-437, 2003.

HIGASHI E. N.; SILVEIRA R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus* In: GONÇALVES J. L. M, BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba: IPEF, 2000, v.1, p.191-218.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus***. São Paulo, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2002. 21p (Circular Técnica IPEF, n. 194).

HOFFMAN, G. J.; MAAS, E. V.; PRCHARD, J. L.; MEVER, J. L. Salt tolerance of corn in the Sacramento, San Joaquin, Delta of California. **Irrigation Science**, v.4, n.1 p.31-44, 1983.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 26., 1997. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. p. 137-165.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). Sistemas alternativos de microjardim clonal via solução nutritiva. **Boletim informativo IPEF**, v.2, n.15, p.1-2, 1996.

JOSTEN, P.; KUTSCHERA, U. The micronutrient boron causes the development of adventitious roots in sunflower cuttings. **Annals of Botany**, v.84, n.3, p.337-342, 1999.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259. 2009.

LEITE, F. P. **Manejo nutricional para produção de mudas**. Belo Oriente: CENIBRA, 2003. 124p.

LIMA, A. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. LIMA, M. R.; SIRTOLI, A. E. (Ed.) – Curitiba: UFPR, 2006. 341p.

LOUGON, M. S. **Crescimento de mudas de eucalipto irrigadas com água de diferentes qualidades**. 2010. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010.

MCNEAL, B. L. **Evaluation and classification of water quality for irrigation**. In: YARON, D. (Ed.). Salinity in irrigation and water resource, New York: Marcell Dekker Inc., 1981. p. 21-45.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MARTINI, A. A. Introdução do eucalipto no Brasil completa 100 anos. 2013. Disponível em <[HTTP://www.canalrioclaro.com.br/antigo/index1.php?s=coluna&coluna=175](http://www.canalrioclaro.com.br/antigo/index1.php?s=coluna&coluna=175)>. 2013. Acesso em 21 de outubro de 2014.

MARSCHNER, P. **Marchner's mineral nutrition of higher plants**. (3<sup>rd</sup> ed.). New York, Academic Press, 2012. 651p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principales of plant nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic publishers, 2001. 849p.

MEURER, E. J. **Potássio: Nutrição mineral de plantas**. In: FERNANDES, M. S. (ed.) Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 298p.

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, v. 26, n.1/2, p.3-16, 1996.

OLIVEIRA, J. F.; ALVES, S. M. C.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; QUEIROZ, J. L.; LIMA, I. A. Avaliação de mudas de sabiá e mororó fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, n.4, p.46-52, 2013.

PALISSARI, S. C.; SAMPAIO, S. D.; GOMES, M. S.; CREPALLI, A. lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus Grandis* (W, Hill ex Maiden). **Revista Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.288-300, 2009.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: Seminário de Sementes e Viveiros Florestais, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

POSSATO, E. L.; SCARAMUZZA, M. P.; LACERDA, W.; WEBER, S.; LÚCIA, O.; NASCENTES, R.; BRESSIANI, A. L.; CALEGARIO, N. Atributos químicos de um cambissolo e crescimento de mudas de eucalipto após adição de lodo de curtume contendo cromo. **Revista Árvore**, v.38, n.5, p.847-856, 2014.

RAMOS, M. R. C.; PINTO, J. E. P. B.; FURTINI, N. A. E.; DAVIDE, A.C. Influência da aplicação do nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento e composição mineral de mudas de pata-de-vaca (*Bauhinia forficata link*). *Rev. Bras. Pl. Med*, v.3, n.1, p.79-86, 2000.

REZENDE, A. A. P. **Fertirrigação do eucalipto com efluente tratado de fábrica de celulose kraft branqueada**. 2003. 160p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

RODRIGUES, S. B. S. **Análise do uso da água em unidades de produção de mudas de eucalipto**. 2007. 93p. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. Don. **Ciência Florestal**, v.10, n.2, p.1-115, 2000.

SCHWAMBACH, J.; FADANELLI, C.; FETTNETO, A.G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v.25, n.4, p.487-494, 2005.

SEPLAN GO. **Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Planejamento e Coordenação, 1994. 192p.

SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. **Enxofre: Nutrientes necessários para maiores rendimentos da soja**. Londrina, Embrapa Soja, 2008. 12p (Circular técnica, v.61).

SILVA, P. M. C.; UCHÔA, S. C. P.; BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V. J.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce *Bombacopsis quinata*. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 63-69, janeiro-abril, 2013.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; MOREIRA, A. **Monitoramento Nutricional** Lwarcel. Piracicaba: IPEF, 1999, 62p.

SILVEIRA, R. L. V. A.; BONINE, C. A. V.; HIGASHI, E. N.; VALLE, C. F.; BOUCHARDETE, J. A.; GONÇALVES, A. N. **Produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes em brotações de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal**. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 25., 2000.Santa Maria: SBCS/SBM. 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja doutor do seu eucalipto**. Informações agrônômicas, Piracicaba, n.93, p.1-31, 2001. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, v.12).

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G.; MOREIRA, F. M. S.; GRAZZIOTTI, P. H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus Urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.3, p.213-225, 2000.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, N. A. Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo em plantios de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* na região de Capão Bonito/SP (compact disc). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO,6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. FERTIBIO 2000: trabalhos. Santa Maria: SBCS; SBM, 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). **Fatos e Números do Brasil Florestal**. São Paulo, 2008. p.92. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>> Acesso em: 22 de outubro de 2014.

SOUZA, V. F.; SANTOS, F. J. S.; ALMEIDA, O. A. **Fertirrigação**. Teresina, Embrapa Meio-norte. 2005, 40p. (Documentos, v.128).

STATSOFT, INC. **STATISTICA (data analysis software system), version 7**.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. EMBRAPA Floresta. Colombo, 2000, p.125-150.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004, p.719.

TANJI, K. K. Irrigation with marginal quality waters: issues. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.123, n.3, p.165-169, 1997.

TOLEDO, F. H. S. F. **Compostos de resíduos da fábrica de celulose em mudas de eucalipto em viveiro e no campo**. 2013. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

TRIGUEIRO, R. DE M.; GUERRINI, I. A. Uso de biofóssido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.64, p.150-162, 2003.

TUNDISI, J. G. Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios, In: Congresso Brasileiro de Limnologia, 7., 1999. São Carlos. **Anais...** São Carlos, 1999. 24p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Environmental management in the pulp and paper industry**. 1996.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Process design manual for land treatment of municipal wastewater**. EPA 625/1-81-013, U.S. Cincinnati, O H., Technology Transfer, 1981.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U.M.; ENSINK, J.H.J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture. A case study from Horoonabad, Pakistan**. Colombo: International Water Management Institute, 2002. 29 p. (Research Report, 63).

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLEN, D. L. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, n.3, p.423-447, 2003.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. p.299-325.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. v.1, 243p.

XAVIER, A.; ANDRADE, H. B.; OLIVEIRA, M. L.; WENDLING, I. Desempenho do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de híbrido de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.25, n.4, p.403-411, 2001.



XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.

WENDLING, I.; GATTO, A.; PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Planejamento e instalação de viveiros**. Viçosa: Aprenda fácil, 2001. 106p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo, v.1).

WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Colombo, Embrapa Florestas, 2002. 48p. (Documentos, v.79). FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg. Produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.