

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**FLÁVIA PANDOLFI**

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE RUSTICIDADE DE MUDAS  
CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS INFLUÊNCIAS NO  
CRESCIMENTO INICIAL DO POVOAMENTO**

**ALEGRE - ES  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FLÁVIA PANDOLFI

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE RUSTICIDADE DE MUDAS  
CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS INFLUÊNCIAS NO  
CRESCIMENTO INICIAL DO POVOAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Recursos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva.

**ALEGRE- ES  
2009**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P189a Pandolfi, Flávia, 1984-  
Avaliação de parâmetros de rusticidade de mudas clonais de eucalipto e suas influências no crescimento inicial do povoamento / Flávia Pandolfi. . 2009.  
134 f. : il.

Orientador: Aderbal Gomes da Silva.  
Co-orientador: Ricardo Miguel Penchel Filho.  
Dissertação (mestrado) . Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto . Crescimento. 2. Mudas. 3. Qualidade. I. Silva, Aderbal Gomes da. II. Penchel Filho, Ricardo Miguel. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 63

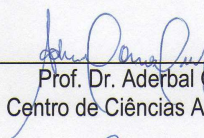
---

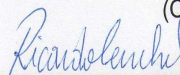
**FLÁVIA PANDOLFI**


**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE RUSTICIDADE DE MUDAS CLONAIAS  
DE EUCALIPTO E SUAS INFLUÊNCIAS NO CRESCIMENTO  
INICIAL DO POVOAMENTO**

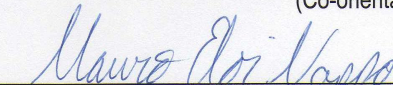
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal, na área de concentração Recursos Florestais

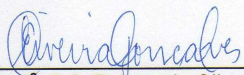
Aprovada: 26 de março de 2009.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva  
Centro de Ciências Agrárias – UFES  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho  
ARACRUZ CELULOSE S.A.  
(Co-orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Edvaldo Fialho dos Reis  
Centro de Ciências Agrárias – UFES  
(Co-orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo  
Universidade de Brasília –UnB

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elzimar de Oliveira Gonçalves  
Centro de Ciências Agrárias – UFES

Ao bom Deus, pelo dom da vida;

aos meus pais, Alúzio Pandolfi e Mariazinha Maestrine Pandolfi;

aos meus irmãos, Eliézio e Huéliton; e

à minha sobrinha Lívia,

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradecer é um ato fundamental durante nossa existência. É reconhecer que sozinhos não somos capazes de fazer quase nada, mas que com ajuda somos capazes de realizar quase tudo. Por isso gostaria de expressar a minha gratidão.

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pelo curso oferecido e por todo ensinamento.

À Empresa Aracruz Celulose S.A., pela oportunidade de realização deste trabalho em parceria, pela concessão da bolsa, pelo apoio financeiro e logístico e, pela disponibilidade de sua infraestutura.

Ao Professor Aderbal Gomes da Silva, pela orientação e ensinamentos.

Ao Pesquisador Ricardo Miguel Penchel Filho, por toda atenção, ensinamentos, orientações e amizade.

Ao Professor Edvaldo Fialho do Reis, pelo trabalho das análises estatísticas e sugestões.

Ao Professor Mauro Eloi Nappo, pela contribuição na elaboração deste projeto.

Ao Especialista Edmilson Bitti Loureiro - Desenvolvimento Operacional e Florestal - PSM - Aracruz Celulose S.A., pela oportunidade e incentivo a esta realização.

À minha família, por sempre acreditar e confiar em mim.

Ao querido Brenno Tristão Guedes, por todo o seu amor, paciência, incentivo e compreensão, ao longo destes anos.

Aos Analistas das Células 4, 5, 6 e 8 do Centro de Pesquisa e Tecnologia (CPT) da Aracruz Celulose S.A., por toda colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho e, também pela amizade.

A todos os Pesquisadores e Analistas do CPT da Aracruz Celulose S.A., que direta ou indiretamente, contribuíram para esta realização e, pelo carinho.

Às amigas de república: Baga, Daniela, Franciene e Luanna. Meninas valeu por todos os momentos inesquecíveis desta amizade.

Às novas amigas encontradas durante o desenvolvimento deste trabalho: Mila, Flávia e Tatiana. Obrigada, pelas conversas e ajudas.

A toda equipe e amigos do CCA-UFES, pelo convívio e amizade.

## **BIOGRAFIA**

Flávia Pandolfi, filha de Aluizio Pandolfi e Mariazinha Maestrine Pandolfi, nasceu em 10 de março de 1984, na cidade de João Neiva - ES.

Concluiu o segundo grau, no Centro Educacional Casa do Estudante, em Aracruz - ES.

Em 2006, obteve o título de Engenheira Florestal, pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, em Alegre - ES.

Em 2007, ingressou no Curso de Mestrado em Produção Vegetal, na área de concentração em Recursos Florestais, na Universidade Federal do Espírito Santo. Em 2009, concluiu os requisitos necessários para obtenção do título de "Magister Scientiae".



## RESUMO GERAL

### AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE RUSTICIDADE DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS INFLUÊNCIAS NO CRESCIMENTO INICIAL DO POVOAMENTO.

O presente estudo teve como objetivo testar e propor metodologia para identificar e mensurar parâmetros baseados em aspectos mistos, fisiológicos, morfológicos e bioquímicos de fácil reconhecimento e potencial aplicabilidade em viveiros, para avaliação do grau de rusticidade de mudas de dois clones de eucalipto, ambos híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, para plantio em duas sazonalidades no Estado do Espírito Santo. O estudo foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, na região litorânea do Estado do Espírito Santo e realizado de forma integrada em três etapas: viveiro, laboratório e campo. No viveiro foi realizada a caracterização para as classes de plantas quanto à tonalidade das copas das mudas, índice de clorofila foliar, índice de fluorescência foliar, trocas gasosas, potencial hídrico e força de resistência à tração do caule. No laboratório foram determinados os teores de lignina e celulose caulinar, a quantidade de carboidratos, os teores de proteínas e a morfoanatomia. Esses parâmetros foram testados após o plantio das mudas no campo através da sobrevivência e crescimento em altura da parte aérea e diâmetro da base do caule. Variáveis climáticas também foram avaliadas durante todo o período experimental, a fim determinar a condição no ambiente de estudo. Os resultados de crescimento e sobrevivência no campo não demonstraram correlações das expressões dos parâmetros estudados com os padrões de melhor desempenho e adaptação das mudas no campo, para os dois clones testados nas duas sazonalidades de plantio.

**Palavras-chave:** Mudas. Eucalipto. Qualidade. Rusticidade. Sazonalidade. Crescimento.

## GENERAL ABSTRACT

### EVALUATION OF PARAMETERS OF CLONAL CUTTINGS RUSTICITY AND THEIR INFLUENCE ON THE GROWTH OF POPULATION.

This study had as objective to test and propose methods of identifying and measuring of parameters based on mixed aspects, physiological, morphological and biochemical with easy recognition and potential applications in nurseries, to assess the degree of rusticity of cuttings of two eucalyptus clones, both hybrids of *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* for planting in two seasonality in the Espírito Santo state. The study was conducted at Aracruz Celulose SA, Aracruz, in the coastal region of Espírito Santo and in an integrated out in three stages: nursery, laboratory and field. In the nursery was performed the characterize of the classes of plants on tonality of the canopy of trees, leaf chlorophyll index, leaf fluorescence index, gas exchange, water potential and resistance force to the stem traction. In the laboratory were determined the content of lignin and cellulose of the stems, amount of carbohydrates, protein content and morpho-anatomy. These parameters were tested after planting the cuttings in the field through the survival and height growth of the shoot and diameter of the base of the stem. Weather variables were also assessed throughout the trial period in order to determine the condition the study environment. Growth performance and survival in the field do not show correlations of the expressions of the parameters studied with the best standards of performance and adaptation of the cuttings in the field for the two clones tested in two seasonality of planting.

**Key words:** Cuttings. Eucalyptus. Quality. Rusticity. Seasonality. Growth.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Resumo histórico de valores anuais, dos últimos 40 anos, para a precipitação pluviométrica, a radiação PAR, a temperatura, o déficit pressão de vapor e a umidade do ar medidas na estação meteorológica localizada no viveiro da empresa.....54
- Figura 2 - Classificação das mudas, conforme a tonalidade da copa, para as classes do clone 11 (Fig. 2A) e do clone 75 (Fig. ).....57
- Figura 3 - Classificação das mudas, conforme a relação das classes de tonalidade das copas com os índices de clorofila foliar quantificados no viveiro, para cada classe de mudas do clone 11 (Fig. 3A) e do clone 75 (Fig. 3B).....65
- Figura 4 - Rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ) em três horários do dia, as classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão (Fig. 4A) e o inverno (Fig. 4B), avaliado em condições de viveiro.....69
- Figura 5 - Rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ) em três horários do dia, nas classes de mudas de eucalipto do clone 75 selecionadas durante o verão (Fig. 5A) e o inverno (Fig. 5B), avaliado em condições de viveiro.....71
- Figura 6 - Comparação entre a fotoinibição (%) ocorrida nas classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno, avaliada em condições de viveiro.....72
- Figura 7 - Comparação entre a fotoinibição (%) ocorrida nas classes de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas durante o verão e o Inverno, avaliada em condições de viveiro.....72

|   |    |
|---|----|
| Figura 8 - Fotossíntese líquida (A) (8A), condutância estomática (Gs) (8B), transpiração (E) (8C) e potencial hídrico foliar ( $\psi_f$ ) (8D), nas classes de mudas de eucalipto do clone 11, avaliadas em condições viveiro.....                            | 76 |
| Figura 9 - Fotossíntese líquida (A) (9A), condutância estomática (Gs) (9B), transpiração (E) (9C) e potencial hídrico foliar ( $\psi_f$ ) (9D), nas classes de mudas de eucalipto do clone 75, avaliadas em condições de viveiro.....                         | 80 |
| Figura 10 - Valores médios quinzenais da precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor e umidade do ar, medidas na estação meteorológica automática durante o período experimental, entre fevereiro e novembro de 2008..... | 83 |
| Figura 11 - Crescimento da parte aérea de plantas do clone 11 em cada tempo e avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 11A) e o inverno (Fig. 11B).....                                     | 84 |
| Figura 12 - Crescimento em diâmetro da base do caule de plantas do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 12A) e o inverno (Fig. 12B).....                      | 86 |
| Figura 13 - Crescimento da parte aérea de plantas do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 13A) e inverno (Fig. 13B).....                                      | 87 |
| Figura 14 - Crescimento em diâmetro da base do caule de plantas do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 14A) e o inverno (Fig. 14B).....                      | 89 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 15 - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 15A) e o inverno (Fig. 15B).....      | 91 |
| Figura 16 - Taxa de crescimento relativo (TCR) para diâmetro da base do caule de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 16A) e o inverno Fig. 16B)..... | 92 |
| Figura 17 - Taxa de crescimento relativo para altura da parte aérea de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 17A) e o inverno (Fig. 17B).....          | 94 |
| Figura 18 - Taxa de crescimento relativo para diâmetro da base do caule de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 18A) e o inverno (Fig. 18B).....      | 95 |

## CAPITULO 2

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 - Resumo histórico de valores anuais, dos últimos 40 anos, para a precipitação pluviométrica, a radiação PAR, a temperatura, o déficit pressão de vapor (DPV) e a umidade do ar medidas na estação meteorológica localizada no viveiro da empresa..... | 108 |
|---|-----|

|  |     |
|--|-----|
| Figura 2 - Ilustração da adaptação da metodologia de uso do dinamômetro digital para a medição instantânea e direta da força de resistência à tração mecânica do caule.....  | 111 |
| Figura 3 - Caracterização morfoanatômica do caule das mudas, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule, para o clone 11: classe 1 (3A), classe 2 (3B) e classe 3 (3C).....   | 118 |
| Figura 4 - Caracterização morfoanatômica do caule das mudas, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule, para o clone 75: classe 1 (4A), classe 2 (4B) e classe 3 (4C).....   | 119 |
| Figura 5 - Valores médios quinzenais da precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor e umidade do ar medidas na estação meteorológica automática durante o período experimental, entre agosto e novembro de 2008..... | 121 |
| Figura 6 - Crescimento da parte aérea (Fig.6A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 6B) em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para mudas do clone 11.....  | 122 |
| Figura 7 - Crescimento da parte aérea (Fig.7A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 7B) em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para mudas do clone 75.....  | 123 |
| Figura 8 - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea (Fig. 8A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 8B) de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo.....            | 124 |
| Figura 9 - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea (Fig. 9A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 9B) de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo.....            | 126 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Indicadores utilizados para a avaliação do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto, adotados atualmente pelo viveiro da Aracruz Celulose S.A., de acordo com a Recomendação Técnica-operacional (PENCHEL et al., 2007)..... | 24 |
|--|----|

### CAPÍTULO 1

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Descrição da classificação das mudas, conforme a tonalidade da copa, para classes e clones..... | 56 |
|--|----|

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2 - Valores das faixas do índice de clorofila foliar, médias do teor de nitrogênio foliar total e do índice de fluorescência foliar, para cada classe de mudas de eucalipto do clone 11 e 75, selecionadas durante o verão e o inverno, em condições de viveiro..... | 66 |
|---|----|

|  |    |
|--|----|
| Tabela 3 - Valores das faixas do índice de clorofila e valores médios de carboidratos (açúcar livre total e sacarose) e proteínas para cada classe de mudas de eucalipto dos clones 11 e 75, na fase de expedição para plantio no campo, durante o outono de 2008..... | 73 |
|--|----|

### CAPÍTULO 2

|  |     |
|--|-----|
| Tabela 1 - Seleção qualitativa baseada no tato, das classes de mudas quanto à força de resistência à tração manual do caule, para mudas de eucalipto dos clones 11 e 75..... | 110 |
|--|-----|

|   |  |
|---|--|
| Tabela 2 - Classificação quantitativa da força de resistência a tração mecânica do caule das mudas e valores médios encontrados para o diâmetro do coleto (mm), o diâmetro a 7,5 cm do coleto (mm), o |  |
|---|--|

teor de lignina (%) e o teor de celulose (%) caulinar, encontrados para cada classe de mudas de eucalipto dos clones 11 e 75, na fase de expedição para plantio no campo.....116

Tabela 3 - Valores em mm<sup>2</sup> da área do floema, área de xilema, área da medula, área total e % de xilema, quantificados nas imagens da caracterização morfo-anatômica, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule das mudas, para os clones 11 e 75.....120



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....                        | 18 |
| <b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....                          | 20 |
| <b>3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....                   | 20 |
| <b>4 HIPÓTESES</b> .....                               | 21 |
| <b>5 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                   | 21 |
| 5.1 O EUCALIPTO.....                                   | 21 |
| 5.2 QUALIDADE DE MUDAS.....                            | 22 |
| 5.3 RUSTICIDADE DE MUDAS.....                          | 25 |
| 5.4 VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NA RUSTICIDADE DAS MUDAS..... | 27 |
| <b>5.4.1 Parâmetros morfológicos</b> .....             | 27 |
| <b>5.4.1.1 Altura e diâmetro</b> .....                 | 27 |
| <b>5.4.2 Parâmetros fisiológicos</b> .....             | 29 |
| 5.4.2.1 Índice de clorofila.....                       | 29 |
| 5.4.2.2 Fotossíntese.....                              | 30 |
| 5.4.2.3 Fluorescência da clorofila $a+b$ .....         | 31 |
| 5.4.2.4 Potencial hídrico foliar.....                  | 33 |
| 5.4.2.5 Transpiração foliar.....                       | 34 |
| <b>5.4.3 Parâmetros nutricionais</b> .....             | 35 |
| 5.4.3.1 Teor de nitrogênio.....                        | 36 |
| <b>5.4.4 Parâmetros bioquímicos</b> .....              | 37 |
| 5.4.4.1 Teores de celulose.....                        | 37 |
| 5.4.4.2 Teores de lignina.....                         | 38 |
| 5.4.4.3 Proteínas e carboidratos.....                  | 38 |
| <b>6 REFERÊNCIAS</b> .....                             | 40 |

## CAPÍTULO 1

### **INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, METABÓLICOS E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO NO CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO**

|                       |    |
|-----------------------|----|
| <b>RESUMO</b> .....   | 48 |
| <b>ABSTRACT</b> ..... | 50 |

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 51 |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 53 |
| 2.1 PRODUÇÃO DAS MUDAS.....   | 54 |
| 2.2 SELEÇÃO DAS MUDAS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES.....  | 55 |
| 2.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS AVALIADOS.....   | 58 |
| <b>2.3.1 Índice de clorofila foliar (IC)</b> .....  | 58 |
| <b>2.3.2 Índice de fluorescência foliar (<math>F_v/F_m</math>)</b> .....  | 58 |
| <b>2.3.3 Medição das trocas gasosas e potencial hídrico foliar</b> .....  | 59 |
| 2.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS AVALIADOS.....  | 60 |
| <b>2.4.1 Teor de proteína foliar</b> .....  | 60 |
| <b>2.4.2 Teor de carboidrato</b> .....  | 60 |
| 2.5 REALIZAÇÃO DA ANÁLISE DO TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N).....   | 60 |
| 2.6 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO.....  | 61 |
| 2.7 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO CAMPO.....   | 62 |
| 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....  | 62 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 64 |
| <b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÍNDICE DE CLOROFILA FOLIAR, ÍNDICE DE FLUORESCÊNCIA FOLIAR E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR DAS MUDAS EM CONDIÇÕES DE VIVEIRO</b> ..... | 64 |
| <b>3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS</b> .....  | 73 |
| <b>3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS E POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR PARA AS CLASSES DE ÍNDICE DE CLOROFILA FOLIAR</b> .....                                 | 75 |
| <b>3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL</b> .....   | 82 |
| <b>3.5 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO CRESCIMENTO DAS MUDAS NO CAMPO</b> .....   | 83 |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....   | 96 |
| <b>5 REFERÊNCIAS</b> .....  | 98 |

## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO DO CAULE, MORFOANATOMIA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS RELAÇÕES COM O CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO

|   |     |
|---|-----|
| <b>RESUMO</b> .....   | 102 |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | 104 |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | 105 |
| <b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....   | 107 |
| 2.1 PRODUÇÃO DE MUDAS.....  | 108 |
| 2.2 SELEÇÃO DAS MUDAS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES.....  | 109 |
| <b>2.2.1 Seleção qualitativa</b> .....  | 110 |
| <b>2.2.2 Seleção quantitativa</b> .....   | 110 |
| 2.2.2.1 Pré-testes e amostragens.....   | 111 |
| 2.3 MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DO COLETO E DO DIÂMETRO A 7,5 CM DA<br>BASE DO COLETO.....  | 112 |
| 2.4 ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS.....   | 112 |
| <b>2.4.1 Análise dos teores de lignina e celulose caulinar</b> .....  | 112 |
| 2.5 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA.....   | 113 |
| 2.6 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO.....  | 113 |
| 2.7 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO CAMPO.....   | 114 |
| 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....  | 115 |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....  | 116 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA FORÇA DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO<br>CAULE DAS MUDAS, DA MORFOANATOMIA E DOS TEORES DE LIGNINA<br>E CELULOSE CAULINAR..... | 116 |
| <b>3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O<br/>PERÍODO EXPERIMENTAL</b> .....   | 120 |
| <b>3.3 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO CRESCIMENTO DAS MUDAS<br/>NO CAMPO</b> .....   | 121 |
| <b>4 CONCLUSÕES</b> .....   | 127 |
| <b>5 REFERÊNCIAS</b> .....  | 129 |
| <b>APÊNDICE</b> .....   | 130 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A crescente expansão do consumo de madeira e seus derivados conduzem à busca de novas tecnologias como alternativas para o estabelecimento de florestas cada vez mais produtivas. O aumento do consumo de produtos florestais aponta para a necessidade de se introduzir em programas de formação de povoamentos florestais, no Brasil, espécies florestais de alta produtividade que permitam um ciclo de corte relativamente curto, associado às boas características silviculturais (SANTOS et al., 2000).

Dentre as inúmeras espécies florestais autóctones e alóctones encontradas no Brasil e aptas a serem utilizadas nesses programas de formação de povoamentos florestais, destaca-se o gênero *Eucalyptus*. Isso ocorre em razão do seu rápido crescimento, boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas e diversidade de usos, tornando-o amplamente cultivado com a finalidade de obtenção de madeira e demais subprodutos (BERGER et al., 2002).

A capacidade de produção sustentável de madeira das florestas brasileiras é estimada em cerca de 390 milhões de  $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$ , sendo que as florestas plantadas com pinus e eucalipto contribuem com uma produção sustentável de 134 milhões  $\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$  aproximadamente (ABRAF, 2007).

A produtividade do eucalipto atualmente atinge números de 38 a 54  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  (STAPE, 2008), o que vem contribuindo para destaque do setor florestal brasileiro, representando quase 5% do Produto Interno Bruto e, no tocante aos aspectos sociais, garante a empregabilidade (somados os empregos diretos e indiretos) de 10,5% da população economicamente ativa (PACHECO, 2006).

As tecnologias evoluíram muito e o Brasil tornou-se referência mundial em eucalipto (EMBRAPA, 2004), fato este visível no processo produtivo, principalmente, no que diz respeito à produção de mudas (FREITAS, 2007), havendo uma contínua busca por novas técnicas e tecnologias dada a importância econômica da cultura (LOPES, 2008).

Atualmente, a produção comercial de mudas de eucalipto é realizada em sua quase totalidade por meio de propagação vegetativa, permitindo a manutenção das características desejadas em uma planta, ou seja, melhoria na produtividade e qualidade das florestas, garantindo vantagens, como uniformidade dos povoamentos, melhor adaptação dos clones às condições locais e aumento na produtividade (XAVIER; COMÉRIO, 1996).

Na implantação de um povoamento florestal, a produção das mudas é considerada uma atividade estratégica, de suma importância para o sucesso da atividade (FINGER et al., 2002). A expedição de mudas de qualidade implicará à redução de custos com o replantio, e o crescimento mais acelerado poderá contribuir para que superem a competição com as plantas daninhas mais rapidamente, promovendo a redução de gastos com tratamentos culturais e diminuição da idade de corte.

O conceito de qualidade não é absoluto e fatores, como a espécie, o lugar ou a época de plantio das mudas, influenciam fortemente essa definição. Uma muda considerada de boa qualidade para uma determinada época pode não ser apropriada para outra, pois as condições ambientais, principalmente a pluviosidade, interferem muito na sobrevivência das plantas no campo (RUBIRA; BUENO, 1996).

Existem várias razões para a utilização de testes para definir o padrão de qualidade de mudas, agregando a elas alguns valores (MUNSON, 1986) que, de acordo com os critérios adotados, são muitas vezes exigidos pelo mercado. Segundo Carneiro (1995), os critérios utilizados na classificação da qualidade das mudas para o plantio baseiam-se em parâmetros que, na maioria das vezes, não determinam as reais qualidades.

Entre os parâmetros classificados como indicadores do padrão de qualidade de mudas de eucalipto, existe o parâmetro rusticidade da muda. Esse parâmetro é considerado muito importante para o sucesso do estabelecimento da muda no campo. Porém até o momento, só é determinado visualmente, ou seja, é um indicador subjetivo, sendo que indicadores subjetivos não determinam as reais qualidades da muda para plantio.

Mudas rustificadas representam um diferencial importante para o sucesso do estabelecimento dos plantios comerciais. Em contrapartida mudas não rustificadas e utilizadas em condições ambientais desfavoráveis podem ter os padrões de sobrevivência, desenvolvimento, uniformidade e produtividade afetados.

A definição de critérios e indicadores de rusticidade das mudas clonais de eucalipto deve ser motivo de intensas pesquisas. Até o momento existe uma carência na literatura sobre uma classificação mais acertada por parte dos viveiristas, a fim de determinar quais parâmetros de rusticidade alteram a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo e quais as características da planta que se correlacionam melhor com essas variáveis.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O presente estudo tem como objetivo geral propor e testar metodologia para identificar e mensurar parâmetros baseados em aspectos mistos, fisiológicos, morfológicos e bioquímicos, de fácil reconhecimento e potencial aplicabilidade em viveiros, para avaliação do grau de rusticidade de dois clones de eucalipto, ambos híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*, para plantio em duas diferentes sazonalidades no Estado do Espírito Santo.

## **3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

São propostos os seguintes objetivos específicos:

- 1 - selecionar parâmetros fisiológicos, morfológicos e bioquímicos, que conferem rusticidade das mudas de dois clones híbridos, às condições diferenciadas de sazonalidades;
- 2 - estabelecer as relações das expressões dos parâmetros fisiológicos e morfológicos, com os padrões de melhor desempenho e adaptação das mudas no campo;

3 - buscar o aprimoramento dos atuais critérios e indicadores morfológicos e fisiológicos de rusticidade de mudas em uso na empresa, visando estabelecer novos padrões de qualidade.

#### **4 HIPÓTESES**

Neste contexto, as seguintes hipóteses foram formuladas:

1 - indicadores morfológicos e fisiológicos da parte aérea do broto da muda, obtidos por meio de medições quantitativas e utilizados como parâmetros de avaliação do padrão de rusticidade das mudas, são consistentes para expressar adaptabilidade das mesmas após o plantio;

2 - os critérios e indicadores baseados somente na observação visual da parte aérea do broto da muda, durante a fase expedição da muda para o campo, são suficientes para determinar a condição de rusticidade e adaptabilidade nas condições de plantio e cultivo no campo.

#### **5 REVISÃO DE LITERATURA**

##### **5.1 O EUCALIPTO**

O *Eucalyptus* é um gênero arbóreo, pertencente ao Reino *Plantae*, na divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, ordem: *Myrtales*, família: *Myrtaceae*. Estão inseridas nesse gênero mais de 700 espécies, diversas variedades, híbridos naturais e artificiais. A grande maioria das espécies é nativa da Austrália e de Ilhas adjacentes. Por ser adaptado às mais diversas condições de ambiente, estão entre os gêneros de espécies florestais mais estudados e cultivados em todo o mundo (GONÇALVES, 2006; KROLOW, 2007).

As espécies do gênero *Eucalyptus* têm se tornado uma excelente opção para a implantação de florestas de alta produtividade no Brasil. Segundo Lima (1996), o papel que essas plantações florestais desempenham é de vital importância para o suprimento de madeira nas diversas regiões do país.

Entre os híbridos, destaca-se o eucalipto *urograndis*, proveniente do cruzamento entre as espécies *E. urophylla* x *E. grandis*. Ruy (1998), citado por Gonçalves (2006), menciona que no Brasil esse híbrido constitui a base da silvicultura florestal em muitas empresas florestais.

## 5.2 QUALIDADE DE MUDAS

Os atributos das mudas, necessários para obtenção do sucesso do plantio no campo, têm sido denominados de *qualidade de muda*. Segundo Duryea (1985), a qualidade pode ser definida como aqueles atributos necessários para que uma muda sobreviva e se desenvolva após o plantio no campo, e para tal tem-se buscado a definição de vários critérios para qualificá-los.

A avaliação da qualidade das mudas é diretamente proporcional e dependente da severidade das condições do local de plantio, da adaptação dos materiais de origem, das práticas silviculturais empregadas e da produtividade esperada (BARNETT; MCGILVRAY, 1981). Por se tratar de um investimento de longo prazo e de grandes riscos, o rigor torna-se ainda maior, justificando os custos no controle da qualidade das mudas.

Para Carneiro (1995), Stape, Gonçalves J. L. de M. e Gonçalves A. N. (2001), o aumento da taxa de sobrevivência decorre do uso de mudas de melhor qualidade e para sítios específicos. Justificando Silva (2003), que afirma ser a produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais.

Atualmente, com a busca constante de melhor produtividade dos povoamentos florestais, muitas pesquisas têm procurado definir as melhores metodologias, recipientes, substratos e fertilizações para a produção de mudas florestais de alto padrão de qualidade, que permitam a obtenção de altas taxas de sobrevivência e desempenho após o plantio.



A qualidade de uma muda é resultante da interação de numerosas características morfológicas e fisiológicas, que controlam as possibilidades de desenvolvimento posterior das plantas (RUBIRA; BUENO, 1996). Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados, tendo uma compreensão mais intuitiva por parte dos viveiristas, mas ainda carecem de uma definição mais acertada para responder às exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio (GOMES et al., 2002).

Gomes e outros (2002) afirmam que apesar do êxito das plantações florestais depender, em grande parte, das mudas utilizadas, a escolha dos parâmetros que avaliam a sua qualidade ainda não está definida e, quase sempre, a sua mensuração não é operacional na maioria dos viveiros.

Wakeley (1954) e Carneiro (1976) afirmam que muitos plantios estabelecidos sob condições favoráveis, com mudas de alta qualidade morfológica, têm apresentado sobrevivência abaixo do desejável, evidenciando assim a importância dos efeitos das características internas. Porém, Gomes e Paiva (2004) afirmam que as medições desses parâmetros demandam muito tempo, são destrutivas e, às vezes, são complicadas, de difícil mensuração e aplicação nas práticas rotineiras de seleção de mudas nos viveiros e no campo.

Segundo Stape, Gonçalves J. L. de M., Gonçalves A. N. (2001) e Lopes (2004), sendo a qualidade da muda definida em função da condução adotada no viveiro, o plantio no campo deve assegurar as condições para que as mudas se desenvolvam adequadamente. Os tratamentos culturais que antecedem à implantação, a subsolagem ou o coveamento, a correção da fertilidade do solo, o tempo de permanência das mudas encaixotadas, o plantio propriamente dito, e a irrigação no momento do plantio, podem colocar em risco todo o trabalho de melhoria de qualidade das mudas produzidas (LOPES, 2004).

De acordo com Gomes e Paiva (2004), as empresas florestais adotam os seguintes parâmetros para a classificação e seleção das mudas de *Eucalyptus* spp.: altura, que de acordo com o sítio e o sistema de plantio varia entre 15 e 30 cm; diâmetro do colo acima de 2 mm; sistema radicular desenvolvido, sem enovelamento, com raiz

principal reta, raízes secundárias bem distribuídas e agregadas ao substrato; haste rígida com no mínimo três pares de folha madura; e bom aspecto fitossanitário, sem deficiências minerais e isentas de pragas e doenças.

No Tabela 1 são mostrados os indicadores utilizados para a avaliação do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto, adotados atualmente pelo viveiro da Aracruz Celulose S.A., de acordo com a Recomendação Técnica-operacional (PENCHEL et al., 2007).

**Tabela 1** - Indicadores utilizados para a avaliação do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto, adotados atualmente pelo viveiro da Aracruz Celulose S.A., de acordo com a Recomendação Técnica-operacional (PENCHEL et al., 2007)

| Parâmetros             | Avaliação    | Unidade     |
|------------------------|--------------|-------------|
| Altura do Broto        | Quantitativo | cm          |
| Ângulo do Torrão       | Qualitativo  | graus       |
| Canela Preta           | Quantitativo | número      |
| Comprimento do Torrão  | Quantitativo | cm          |
| Deformação Radicular   | Quantitativo | número      |
| Diâmetro do Coleto     | Quantitativo | mm          |
| Idade da Muda          | Quantitativo | dias        |
| Manchas Foliares       | Qualitativo  | intensidade |
| Pares de Folha         | Quantitativo | número      |
| Relação Copa/Broto     | Quantitativo | índice      |
| Aspecto de Rusticidade | Qualitativo  | visual      |

### 5.3 RUSTICIDADE DE MUDAS

Apesar do Brasil atualmente possuir a melhor tecnologia de implantação, condução e colheita de florestas de eucalipto (COUTO; MÜLLER; TSUKAMOTO FILHO, 2002),

que estão entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (SILVA; MATOS, 2003), a rusticidade de mudas continua sendo um assunto controverso (NEVES, 2004).

Mesmo considerada um processo fundamental dentro dessa questão de qualidade da muda (SILVA, 1998), discute-se a importância da rusticidade para a garantia da sobrevivência do plantio e arranque da floresta, em condições climáticas adversas (CARNEIRO, 1995; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N., 2001), bem como, o próprio entendimento do que seja rustificação, quais características das mudas se correlacionam e qual a metodologia para a identificação da rusticidade das mudas.

A rustificação é uma etapa importante tanto no processo de produção das mudas como para o sucesso no estabelecimento da planta no campo. É uma fase extremamente crítica e reflete diretamente na qualidade final das mudas (ALFENAS et al., 2004). Existe com o objetivo de pré-adaptar a muda às possíveis condições de estresse hídrico e nutricional pós-plantio, fisiologicamente com reserva nutricional disponível para o pronto crescimento e, ao mesmo tempo, resistentes ao estresse provocado pela atividade de plantio (falta de água, retirada dos tubetes, transporte e plantio) e para as primeiras semanas que o sucedem (EMBRAPA, 2003).

O processo de rustificação é definido como sendo o período da última fase dentro do processo de produção da muda, pelo qual a muda passa antes de ser plantada no campo, compreendido entre 15 - 30 dias finais da fase de viveiro. Para que uma muda alcance o padrão de rusticidade, ela deve passar por uma condição de ofertas reduzidas de nutrientes, principalmente N, e água (LOPES, 2008).

A formulação da adubação de rustificação utilizada deve permitir uma diminuição do ritmo do crescimento em altura das mudas, e ao mesmo tempo, favorecer o desenvolvimento do sistema radicular, o engrossamento do diâmetro do colo e o aumento da resistência da muda ao estresse do plantio, o que se traduz em menos tecidos túrgidos e maiores reservas nutricionais para o período inicial pós-plantio, quando as raízes deverão iniciar a exploração do solo ao seu redor (EMBRAPA, 2003).

Segundo Silva (2003), ao final da etapa de rustificação, o caule e as folhas ficam endurecidos. Para a maioria das espécies, o colo da muda fica com a casca mais espessa e escura que a metade superior do caule. A perda de folhas deve ser mínima. Dessa forma, as mudas deverão passar por um processo de seleção e padronização, e as que estiverem fora dos padrões estabelecidos serão mantidas na fase de rustificação ou, eventualmente, de crescimento (EMBRAPA, 2003).

Efeitos de rustificação, assim como a qualificação das mudas, se baseiam, na maioria dos casos, em características morfológicas, uma vez que estas são de fácil avaliação. Contudo, torna-se necessário determinar as alterações fisiológicas que acontecem e que podem ser mais eficientes na determinação da qualidade de mudas florestais (SILVA, 2003) para que possam alcançar um melhor desenvolvimento após plantio no campo.

Informações sobre a relação entre diferentes parâmetros morfofisiológicos das mudas no final do processo de rustificação permitirão selecionar a característica ou o grupo de características que serão úteis na identificação da rusticidade com avaliação do desempenho das mudas no campo. Alterações morfológicas e ou fisiológicas induzidas pela rustificação das mudas também foram estudadas por Brix (1985), Seiler (1985), Myers et al. (1989), citado por Silva (1998).

Carneiro (1995), em sua obra sobre produção e controle de qualidade de mudas florestais, afirma que a maior ou a menor rusticidade de mudas é atribuída (dentre outras características) à qualidade da muda, que varia em função da sua maturação e que garante sobrevivência e arranque diferenciados. Nessa mesma pesquisa não foram observadas diferenças no crescimento, assim como também verificaram Rezende, Suiter e Gusmão (1984), ao estudar um plantio de eucalipto aos 60 meses de idade, no qual foram utilizadas para plantio mudas rustificadas e não rustificadas em viveiros.

Segundo Sasse e outros (1996), várias pesquisas já buscaram a rusticidade de mudas de eucalipto. No entanto, poucas abordam as fases de plantio e desenvolvimento em campo (LOPES, 2008).

## 5.4 VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NA RUSTICIDADE DAS MUDAS

### 5.4.1 Parâmetros morfológicos

Os parâmetros morfológicos são atributos determinados física ou visualmente, sendo os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas (FONSECA, 2000) e testados por meio de avaliação de sobrevivência e crescimento das mudas no campo (PAIVA; GOMES, 1993).

De acordo com Fonseca (2000), várias pesquisas têm sido realizadas com o intuito de mostrar a importância desses parâmetros voltados para prognosticar o sucesso do desempenho das plantas no campo. Entretanto, conforme Gomes e outros (2002), existe ainda carência de uma definição mais acertada para responder às exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio.

Até o momento, os parâmetros morfológicos altura e diâmetro de colo são os mais utilizados, pelo fato de serem características de fácil avaliação, e podem dar boas prescrições de qualidade das mudas (CARNEIRO,1995). Contudo, Fonseca et al. (2002) afirmam que não devem ser empregados isoladamente na classificação do padrão de qualidade.

#### 5.4.1.1 Altura e diâmetro

São parâmetros morfológicos de fácil medição e usados com eficiência para avaliar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES et al., 1978). A altura da parte aérea é considerada um dos parâmetros mais utilizados na classificação e seleção de mudas (PARVIAINEN, 1981) e combinada com o diâmetro do colo,

constitui uma das mais importantes características morfológicas usadas para prognosticar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (FIGUEIREDO, 2007).

Entretanto, a utilização da altura da parte aérea de mudas de espécies florestais, como único critério para avaliação do padrão de qualidade, pode apresentar deficiências no julgamento, quando se espera alto desempenho dessas, principalmente nos primeiros meses após o plantio (GOMES; PAIVA, 2004).

Já Carneiro (1976), estudando a influência de parâmetros morfológicos na qualidade de mudas de *Pinus taeda*, constatou que idade e diâmetro de colo individualmente são altamente significativos para a classificação das mudas, enquanto que a altura não apresentou influência significativa.

Tal efeito foi observado por Freitas (2003) em estudo para avaliação do crescimento pós-plantio de clones de eucalipto, onde constatou que mudas clonais com maiores valores de altura e diâmetro apresentam melhor desempenho inicial após o plantio.

Gomes e outros (2002), estudando parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, afirmaram que a adoção somente da altura para estimar a qualidade de mudas poderá ser utilizada, uma vez que ela foi um dos parâmetros que apresentou boa contribuição relativa, além de sua medição ser muito fácil e não ser um método destrutivo.

Observa-se pelos trabalhos anteriores que a altura da parte aérea sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES et al., 1978), além de ser tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas, e de fácil medição.

Adicionalmente, Gomes e Paiva (2004) afirmam que o padrão de qualidade de mudas de várias espécies florestais, prontas para o plantio, possui alta correlação com o diâmetro e isso pode ser observado nos significativos aumentos das taxas de sobrevivência e do crescimento das plantas no campo.

Dessa forma, o diâmetro de colo tomado isoladamente ou combinado com a altura, é uma das melhores características morfológicas para predizer a qualidade das mudas de espécies florestais (GOMES et al., 2002), além de apresentar também uma relação mais direta com a fotossíntese líquida que o crescimento em altura (GOMES; PAIVA, 2004).

#### **5.4.2 Parâmetros fisiológicos**

A crescente pressão para a produção de mudas com alta qualidade exige um entendimento melhor da fisiologia do crescimento das mudas de espécies florestais (FERREIRA; DAVIDE; CARVALHO, 1999), apesar de Gomes e Paiva (2004) afirmarem que parâmetros fisiológicos fornecem informações pouco confiáveis em relação à sobrevivência e o estabelecimento das mudas no campo além de serem de difícil mensuração e análise.

De acordo com Wakeley (1954), os parâmetros fisiológicos podem ser mais importantes quando comparados com o efeito de ordem morfológica, porém muitas vezes, eles não permitem avaliar eficientemente a real capacidade de sobrevivência e crescimento inicial das mudas após plantio, contrariando as expectativas de qualquer empreendimento florestal. Dessa forma, Silva (1998) justifica o fato das determinações dos parâmetros fisiológicos das mudas, ainda não fazerem, explicitamente, parte das classificações do padrão de qualidade de mudas.

##### **5.4.2.1 Índice de clorofila**

A clorofila presente em todos os vegetais é um dos fatores ligados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes (LARCHER, 2004).

Os teores de clorofila e carotenóides nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa. Uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de energia por unidade de tempo (PORRA et al., 1989; CHAPPELLE; KIM, 1992, citado por REGO; POSSAMAI, 2006).

Logo, o conteúdo de clorofila tem sido usado para dar uma estimativa da qualidade de mudas (SUTTON, 1980) e, segundo CARNEIRO (1995), é definido como sendo um indicador não específico, influenciado por muitos fatores.

Mcgilvray e Barnett (1981), pesquisando *Pinus taeda*, *P. echinata* e *P. palustris*, com referência ao conteúdo de clorofila nas acículas por ocasião do plantio, verificaram correlações positivas com a sobrevivência e altura, até três anos após plantio, e correlações negativas para a sobrevivência de *Pinus palustris*, no 1º e 2º anos de plantio. Segundo os autores, quando as mudas são produzidas com abundantes quantidades de nutrientes, o conteúdo de clorofila poderá não ser relacionado com o desempenho no campo.

#### 5.4.2.2 Fotossíntese

A vida na terra depende da energia proveniente do sol. A fotossíntese é o único processo de importância biológica, que pode utilizar a energia solar para sintetizar compostos carbonados, que não poderiam ser formados sem uma fonte de energia. A energia estocada nessas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A fotossíntese ocupa uma posição central na biossíntese de plantas fornecendo uma ligação entre o metabolismo interno da planta e o ambiente externo. Larcher (2004) afirma que a capacidade fotossintética dos vegetais é uma característica intrínseca



de cada espécie, e de acordo com Marengo e Lopes (2005), é afetada pelo teor de nitrogênio da folha.

Pereira e outros (1992), analisando os resultados de sua pesquisa, concluíram que o maior fator limitante da fotossíntese em mudas de *Eucalyptus globulus* foi o fechamento estomático, que aconteceu devido ao fato da planta perder água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, diminuindo o potencial hídrico da folha, levando assim ao fechamento dos estômatos. Os mesmos autores afirmam também que a capacidade fotossintética das folhas é interpretada pela concentração de clorofila foliar.

As taxas fotossintéticas de plantas rustificadas são geralmente baixas em consequência da baixa condutância estomática e baixo potencial nutricional das plantas. Isso ocorre porque a prática dos viveiros tende a restringir a fertilização nitrogenada durante esse período para evitar a expansão foliar e o crescimento em altura. Como consequência ocorre o baixo desenvolvimento das plantas após o plantio no campo devido aos baixos níveis de carboidratos e reserva de nutrientes (STAPE; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N., 2001). Os mesmos autores acrescentam que plantas rustificadas, em termos fisiológicos, estão relacionadas à baixa transpiração e uma melhor regulação osmótica.

#### 5.4.2.3 Fluorescência da clorofila $a+b$

Parte da energia luminosa absorvida pelos pigmentos cloroplastídicos da folha durante a fotossíntese é emitida como fluorescência (GLYNN; FRASER; GILLIAN, 2003). Alterações na fluorescência podem mostrar a ausência ou a presença de comprometimentos no processo fotossintético.

O uso de parâmetros de fluorescência tem sido difundido principalmente no estudo de fotossíntese. Segundo Araus e outros (1998), além de ser um método não destrutivo, rápido e preciso para detectar o desequilíbrio energético e metabólico, permite análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia

luminosa através do fotossistema II e possíveis relações com a capacidade fotossintética (KRAUSE; WEIS, 1991; ALLAHVERDIEV et al., 1998; MOUGET; TREMBLIN, 2002; NETTO et al., 2005).

Essa técnica tem permitido um aumento no conhecimento dos processos fotoquímicos e não fotoquímicos que ocorrem na membrana dos tilacóides dos cloroplastos (ROHÁČEK, 2002), além de possibilitar o estudo de características relacionadas à capacidade de absorção e transferência da energia luminosa na cadeia de transporte de elétrons, sendo possível também estudo das mudanças conformacionais das membranas tilacoidais (KRAUSE; WEIS, 1991).

A avaliação durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas possibilita informações mais precisas, tais como variações nos parâmetros de fluorescência com as mudanças nos estádios de desenvolvimento das plantas (BACARIN; MOSQUIN, 2002). Mudanças no rendimento de fluorescência resultam de variações nas taxas de conversão da energia fotoquímica e não fotoquímica dissipada (MOUGET; TREMBLIN, 2002).

Uma alternativa às medidas de trocas gasosas é a avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese, obtida por meio das diversas variáveis da fluorescência da clorofila  $F_v/F_m$ . O rendimento da fluorescência da clorofila revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (PSII) (BOLHAR-NORDENKAMPF et al., 1989).

A eficiência quântica máxima do PSII ( $F_v/F_m$ ) pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas não submetidas a estresses (BOLHAR-NORDENKAMPF et al., 1989). Essa relação é altamente correlacionada com o rendimento quântico do processo fotossintético. A diminuição da relação  $F_v/F_m$  é um bom indicador de efeito fotoinibitório, quando as plantas estão submetidas a diversos tipos de estresse (ARAUS; HOGAN, 1994; ANGELOPOULOS et al., 1996; YANG et al., 1996; FARIA et al., 1998, citado por NETTO et al., 2005). Contudo, uma redução no valor de  $F_v/F_m$  pode caracterizar tanto uma regulação fotoprotetora reversível como uma

inativação irreversível do fotossistema II (PSII) (LONG; HUMPHRIES; FALKOWSKI, 1994; ARAUS; HOGAN, 1994).

#### 5.4.2.4 Potencial hídrico foliar

Potencial hídrico foliar é o principal responsável pelo fluxo de água na planta, pois reflete as condições da dinâmica do processo compreendido pelo solo (substrato), a planta e a atmosfera. Uma redução gradual no potencial, chegando a níveis críticos, pode causar sérios prejuízos às culturas, desde a morte de algumas células até a morte de alguns órgãos, ou até mesmo, a morte da planta inteira. Para Larcher (2000), o potencial hídrico indica grau de hidratação de uma planta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação do carbono da planta (HSIAO, 1973). Para Oren e outros (1999), isso acontece devido à planta perder água a uma taxa superior à sua capacidade de absorção e transporte, diminuindo o potencial hídrico da folha, levando assim ao fechamento dos estômatos e redução da fotossíntese.

Características fisiológicas indicativas de potencial hídrico são muito importantes para a sobrevivência e o crescimento das mudas no campo (MENZIES, 1992). Silva (1998) afirma em seus estudos que as medições de potencial hídrico refletem apenas o grau de tensão hídrica que as folhas estão sofrendo, uma vez que essas tensões acarretaram alterações anatômicas e fisiológicas que devem ter provocado diferenças no potencial hídrico foliar da planta.

Lopes (2008), estudando o comportamento fisiológico de um híbrido de eucalipto em diferentes substratos e manejos hídricos em mudas de 60 dias de idade, verificou que o potencial hídrico foliar depende do grau de hidratação das mudas durante a fase de rustificação, contrastando com o que foi verificado por Lima (1993), Stoneman, Turner e Dell (1994), Ferreira, Davide e Carvalho, (1999).

Reduções do potencial hídrico foliar diminuem a abertura estomática que limita a entrada de CO<sub>2</sub> na folha, reduzindo os valores de C<sub>i</sub>, o que limita a eficiência de carboxilação da Rubisco (CORNIC, 2000). Por outro lado, a falta de água pode afetar as taxas de fixação do CO<sub>2</sub> por redução da atividade ou síntese da Rubisco, regeneração da Rubisco ou redução na síntese de ATP (KAISER, 1987; LAWLOR, 2002; MEDRANO et al., 2002; PARRY et al., 2002).

#### 5.4.2.5 Transpiração foliar

A transpiração é a perda de vapor d' água pelas plantas, assim, plantas que possuem altas taxas de absorção de CO<sub>2</sub> apresentam grandes perdas por transpiração e, provavelmente, grandes consumos de água implicam no incremento positivo da produtividade (KLAR, 1984).

Segundo Larcher (2004), mais de 90% da água absorvida pela planta pode ser consumida pela transpiração, ocorrendo em qualquer parte do organismo vegetal acima do solo, sendo no caso as folhas as principais responsáveis. A transpiração nas folhas acontece através da perda de água da superfície das células do mesófilo, principalmente através dos estômatos, cutícula, e em menor extensão, através das lenticelas e da casca.

Para Inoue e Ribeiro (1988), a transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente. Porém, sob condições idênticas, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economicidade de água pela planta (PEREIRA et al, 2006).

Silva (1998), estudando níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação de mudas de *Eucalyptus grandis*, verificou que uma menor disponibilidade de água para as mudas durante a fase de rustificação implica na diminuição da transpiração, refletindo numa maior sobrevivência das mudas no campo.

Silva (1998) considera a transpiração como parâmetro importante para caracterizar o sucesso no estabelecimento das mudas no campo. Alterações morfológicas, principalmente quanto à sua anatomia interna, fisiológicas e nutricionais, desencadeadas pelo processo de rustificação da muda, refletem numa menor quantidade de perda de água pela planta.

Reduções nas taxas de transpiração refletem uma maior eficiência no fechamento estomático, sendo importante do ponto de vista adaptativo, pois quando essas plantas são submetidas a condições pouco favoráveis à sua sobrevivência e ao seu desenvolvimento, como acontece quando elas vão para o campo, elas respondem melhor a essa situação, não sendo tão prejudicadas quanto aquelas que não sofreram uma rustificação adequada. (SILVA, 1998).

Segundo Silva (1998), a transpiração e a sobrevivência são inversamente correlacionadas. Mudanças com menor transpiração no viveiro apresentaram maior sobrevivência no campo, concluindo em seu trabalho que características fisiológicas, principalmente a transpiração, devem fazer parte dos parâmetros para avaliar a qualidade da muda, já que se mostrou relacionada com a sobrevivência no campo.

#### **5.4.3 Parâmetros nutricionais**

Entre outros fatores de natureza silvicultural, a nutrição de mudas desponta como um dos principais responsáveis pela obtenção de maior produtividade e qualidade das mesmas, além de maior economicidade no processo de sua produção (NEVES; GOMES; NOVAIS, 1990).

A correta nutrição de mudas de eucalipto desempenha importante papel no vigor das plantas, constituindo um fator essencial na produção de mudas e proporcionando boa adaptação e estabelecimento de florestas de alta produtividade (SILVA; KLAR; PASSOS, 2004). Os nutrientes minerais possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal: podem agir como constituintes da estrutura orgânica,

ativadores de reações enzimáticas, carreadores de cargas e osmorreguladores (MARSCHNER, 1995).

Segundo Carneiro (1995), a nutrição mineral de espécies florestais afeta o crescimento e a qualidade de mudas, ao promover uma boa formação do sistema radicular e permitir uma melhor adaptação e consequente sobrevivência após o plantio no campo.

#### 5.4.3.1 Teor de nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos de maior importância na nutrição de plantas. Sua essencialidade para as plantas está em exercer funções fisiológicas importantes na síntese de compostos orgânicos, destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, vitaminas e clorofila. Como constituinte desses compostos, o nitrogênio está envolvido nos processos que ocorrem no protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

O nitrogênio é o quarto elemento mais abundante na planta depois do carbono, hidrogênio e oxigênio. Normalmente estreita relação entre o teor de nitrogênio e o crescimento das plantas é observada, visto que, sob condições de deficiência, ocorre a inibição da síntese de clorofila e, conseqüentemente, a diminuição da fotossíntese (EPSTEIN, 1975). Dessa forma, a ausência de nitrogênio e clorofila implica na inibição da utilização da luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais da planta, como a absorção de nutrientes (REIS et al., 2006) e a produção de carboidratos para o desenvolvimento (POTAFÓS, 1998).

Segundo Nambiar (1989, citado por MARQUES et al., 2006), de todos os nutrientes existentes, o nitrogênio é o elemento que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores e tem merecido atenção, uma vez que se mostra limitante ao crescimento e produção florestal. De acordo com Marschner (1995), a alta disponibilidade de N aumenta o teor foliar de aminoácidos e proteínas, bem como o crescimento vegetativo, retardando a maturação e lignificação dos tecidos.

Estudos realizados por Gerendas e Pieper (2001) indicam ser possível monitorar o suprimento de N para as plantas por meio de testes rápidos, como o nitrato do pecíolo e a avaliação indireta do teor de clorofila. Recentemente, teores de N tem apresentado boa correlação com os teores de clorofila nas folhas de feijoeiro (FURLANI JÚNIOR et al., 1996), milho e pimenta (SANTOS et al., 2003) através da leitura direta.

Parviainen (1980), citando diversos autores, mencionou que existe estreita correlação positiva entre o conteúdo de nutrientes das folhas e o desenvolvimento das mudas após o plantio. Contudo, os autores citados não encontraram clara relação entre esse conteúdo e a oferta nutricional.

Mudas rustificadas para o plantio no campo apresentam menores quantidades de N quando comparadas a mudas não rustificadas (SILVEIRA et al; 2001).

De acordo com Gomes e outros (2002), mudas com teor de nitrogênio acima do recomendado apresentam, na maioria das vezes, uma menor capacidade de resistência às condições adversas encontradas no sítio de plantio.

#### **5.4.4 Parâmetros bioquímicos**

##### **5.4.4.1 Teores de celulose**

A celulose é o polissacarídeo mais abundante da natureza, e a molécula orgânica mais abundante da face da terra (ROWELL et al., 2005), sendo formada por unidades de -glicose, formando um polímero de alto peso molecular (300.000 a 500.000 g/mol). É o principal componente da parede celular da fibra, com estrutura linear e constituída por um único tipo de unidade de açúcar (PENEDO, 1980).

As cadeias de celulose nas paredes celulares das plantas são arranjadas compactamente, de modo que suas fibras apresentam regiões nitidamente cristalinas, devido ao elevado número de ligações de hidrogênio que resulta na forte interação entre suas moléculas (PENEDO, 1980).

#### 5.4.4.2 Teores de lignina

As ligninas são moléculas amorfas, altamente complexas, cujo polímero é formado principalmente por unidades aromáticas de fenilpropano, considerada uma substância incrustante (ROWELL et al., 2005), ocorrendo nas paredes das fibras como um polímero tridimensional ramificado que envolve as microfibrilas.

Além de servirem para cimentar as fibras, ou seja, de serem responsáveis pela resistência mecânica (rigidez e dureza) do caule, são responsáveis também pela proteção contra a ação de microorganismos nas plantas vasculares, pelo transporte de nutrientes, água e metabólitos (SANTOS, 2008).

A estrutura das ligninas pode ser diferente, dependendo de sua localização no vegetal, havendo a contribuição de fatores bioquímicos que influenciam em sua formação. Esses fatores podem afetar a quantidade relativa da ocorrência assim como a estrutura das ligninas (ROWELL et al., 2005).

Redução da síntese de lignina torna as paredes das células do lenho mais finas acarretando num menor crescimento e menor resistência das plantas (MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, 2002). Sua estrutura tridimensional explica a rigidez e a resistência às forças de compressão, gerando uma estrutura resistente ao impacto, compressão e quebra ao conferir rigidez à parede da célula e, ao agir como um agente permanente de ligação entre as células (PHILIPP; D'ALMEIDA, 1988).

#### 5.4.4.3 Proteínas e carboidratos

Apesar de diferentes proteínas estarem presentes na parede celular durante o desenvolvimento, sua quantidade na madeira é pequena. Ainda assim, elas desempenham um papel importante na composição e morfologia na parede das células do xilema (CASSAB, 2001). Da mesma forma, a quantidade de carboidratos



presentes na madeira, também se correlaciona com sua qualidade (MCNABB, 1985).

De acordo com Silva (2003), o acúmulo de carboidratos pode aumentar a tolerância à seca e assim melhorar o desempenho das mudas no campo. Também, podem ser úteis, para sustentar o desenvolvimento das plantas nos mais diversos períodos do seu ciclo reprodutivo (FAUST, citado por MARTINAZZO et al., 2007).

Segundo Silva (1998), os carboidratos exercem funções estruturais relevantes ao processo bioquímico durante a expansão celular, na formação de novos tecidos e iniciação de raízes adventícias. Porém, a condição ótima da quantidade de carboidratos nas plantas e nas estacas ainda não está bem definida (JACKSON, 1986).

Penchel e Lyra (1996) afirmam que a análise do teor de carboidratos livres em mudas pode ser utilizada como técnica de escolha para evidenciar o estado metabólico das plantas.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2006. Brasília:, 2007. 80 p.

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Vinosa, MG: UFV, 2004. 442 p.

ALLAHVERDIEV, S. R. et al. Effects of salt stress and synthetic hormone polystimuline K on photosynthetic activity of *Trianea bogotensis* Karst. **Journal of Botany**, London, v. 22, p.19-23, 1998.

ARAUS, J. L.; HOGAN, K. P. Comparative leaf structure and patterns of photoinhibition of the neotropical palms. *Scheelea zonensis* and *Socratea durissima* growing in clearing and forest understory during the dry season in Panama. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 81, n. 6, p.726-738, 1994.

ARAUS, J. L. et al. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under mediterranean conditions. **Field Crops Research**, 55, p. 209 - 223, 1998.

BACARIN, M. A.; MOSQUIN, P. R. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, p. 705-710, 2002.

BARNETT, J. P.; MCGILVRAY, J. M. Container planting systems for the South. Res. Pap. SO. USDA. **Forest Service**, v. 167, p. 1-18, 1981.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al.. Chlophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leves in the field: a review of current instrumentation **Functional Ecology**, 3, p. 497, 1989. **Functional Ecology**, 3, p. 497, 1989.

BOURNE G. H.; JEON; K. W.; FRIEDLONGER, M. Potassiun estimation uptake and its role in the physiology and metabolismo flowring plants. **International Review of Cytology**, v. 110, p. 205-254, 1988.

CARNEIRO, J. G. de A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda*, L. para plantio definitivo**. 1976, 70 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1976.

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

CASSAB, G. I. Plant cell wall proteins. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 47, p. 1-5, 2001.

CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture - not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, v. 5, p. 183-221, 2000.

COUTO, L.; MÜLLER, M. D.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A. **Florestas plantadas para energia. Aspectos técnicos, sócio econômicos e ambientais**. 2002. Disponível em: <<http://www.cgu.unicamp.br>>. Acesso em: 18 dez. 2008.

EMBRAPA. **Florestas - Brasil é referência mundial em eucalipto**. 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 17 maio 2007.

EMBRAPA. **Sistemas de produção**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 6 out. 2008.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: Edusp, 1975. 341p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 392 p.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: \_\_\_\_\_. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, R. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. **Variações biométricas de mudas de eucalipto sobre o crescimento pós-plantio**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) . Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.

FINGER, C. A. G. et al. Estabelecimento de povoamento de *Pinus elliottii* Engelm pela semeadura direta no campo. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 107-113, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) . Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000. 113 p.

FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

FREITAS, T. A. **Sistema de blocos prensados para produção de mudas de eucalipto**. 2003. 94 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Norte Fluminense

Darcy Ribeiro, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2003.

FREITAS, T. A. **Produção de mudas de eucalipto em recipiente aberto e fechado**. 2007. 90 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.

FURLANI JÚNIOR, E. et al. Correlações entre leituras de clorofila e doses de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, p. 171-175, 1996.

GERENDÁS, J.; PIEPER, I. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. In: HORST, W. J. et al. (Ed.). **INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM**, 14., 2001, Hannover. **Proceedings**. Hannover: Kluwer Academic Publishers, 2001.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, Urbana, v. 29, p. 61-65, 2003.

GOMES, J. M. et al. Influência do tratamento prévio do solo com brometo de metila no crescimento de mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em viveiro. **Brasil Florestal**, v. 9, n. 35, p. 18-23, 1978.

GOMES, J. M. et al. 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 É propagação sexuada**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

GONÇALVES, F. G. **Efeito da taxa de crescimento na qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos**. 2006. 154 f. (Dissertação em Produção Vegetal) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre/ES, 2006.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 24, p. 519-570, 1973.

INOUE, M. T.; RIBEIRO, F. A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, v. 40, p. 15-20, 1988.

JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. 265 p.

KAISER, W. M. Effectes of Water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, v. 71, p. 142-149, 1987.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: \_\_\_\_\_. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.

KROLOW, I. R. C. **Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS, 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LAWLOR, D. W. Limitation to photosynthesis in Water - stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. **Annals of Botany**, v. 89, p. 871-885, 2002.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: USP, 1996. 301 p.

LONG, S. P.; HUMPHRIES, S., FALKOWSKI, P. G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 45, p. 633-662, 1994.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Irrigação e Drenagem) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2008. 171 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1995. 889p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: UFV, 451 p.

MARQUES, V. B. et al. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Scientia Forestalis (IPEF)**, v. 71, p. 77-85, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINAZZO, et al. Efeito do sombreamento sobre os teores de carboidratos não-estruturais de *Eugenia uniflora* Linn (pitanga) - Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 168-170, 2007.

MCGILVRAY, J. M.; BARNETT, J. P. Relatinh seedling morphology to fiels performance of containerized southern pines. In: SOUTHERN CONTAINERIZED

FOREST TREE SEED CONFERENCE, 1981, Savannah. **Proceedings**. New Orleans: USDA, For. Serv. Forest Experiment Station, 1981. p. 39-46. separata.

MCNABB, K. L. **The relationship of carbohydrate reserves to the quality of bare-root *Pinus elliottii* var. *elliottii* (Engelm.) seedlings produced in a northern Florida nursery**. Florida, 1985. 145 f. Tese - Florida University, Florida, 1985.

MENZIES, M. I. Seedling quality and seedling specifications of radiata pine. **Forestry Abstracts**, v. 53, p. 1196, 1992.

MEDRANO, et al. Regulation of photosynthesis of C<sub>3</sub> plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. **Ann. Bot.**, v. 89, p. 895-905, 2002.

MORAES, L. A. C.; MORAES, V. H. F.; MOREIRA, A. Relação entre flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1431-1436, 2002.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 74, p. 219-231, 2002.

MUNSON, K. R. Principles, procedures and availability of seedling quality tests. In: INTERMOUNTAIN NURSERY MANAGER ASSOCIATION MEETING, 1985, Fort. Collins. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1986. p.13-15.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, 1990, p. 100-124.

NEVES, J. C. L. Doses e modos de localização dos nutrientes em recipientes contendo volumes variáveis de substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...**, Viçosa, MG: UFV, 2004.

NETTO, A. T. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104, p.199-209, 2005.

OREN, R. et al. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 12, p. 1515-1526, 1999.

PACHECO, M. **A contribuição da floresta plantada em nossas vidas**. 2006.

Disponível em:

<<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao005/Artigos/Artigo00509G.htm>>. Acesso em: 3 ago. 2008.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1993. 56 p.

PARRY, M. A. J. et al. Rubisco Activity: Effects of Drought Stress. **Annals of Botany**, v. 89, p. 833-839, 2002.

PARVIAINEN, J. V. **Wurzelschnitt als Anzuchtsternode bei Wurzelnackten Kiefer-pflanzen**. Helsinki, 1980. 129 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade de Helsinki, Finlândia. 1980. (Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, n. 98.2).

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PENCHEL, R. M.; LYRA, I. N. Relationship between cel wall carbohydrates and adventitious root formation in the clonal propagation of stem cuttings of Eucalyptus. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE BIOLOGY OF ROOT ORMATION AND DEVELOPMENT, 2., 1996, Jerusalém. **Resumos**. Jerusalém, 1996. P11-12.

PENCHEL, R. M. et al. **Recomendação técnico-operacional do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto**: instrução normativa da Aracruz Celulose, Documento CPT-P2005-05-2007, 7 de dezembro de 2007. Local: Editora, ano. 8 p.

PENEDO, W. R. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte: Fundação CETEC, 1980.

PEREIRA, J. S. et al. Photosynthetic capacity of leaves of Eucalyptus globulus (Labill.) growing in the field with different nutrient and water supplies. **Tree Physiology**, v. 11, p. 381-389, 1992.

PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de Eucalyptus urograndis submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 518-531, 2006.

PHILIPP, P.; D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel**: tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1988.

POTAFÓS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.

REGO, G. M. ; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal - Embrapa Florestas**, Paraná, v. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, A. R. et al. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio através da avaliação pelo medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 163-171, 2006.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v. 40, p. 13-29, 2002.

REZENDE, G. C., SUITER FO, W. S.; GUSMAO, A. D. The management of *Eucalyptus* seedlings in nursery and its effects on post-planting growth and plant production. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p. 140-148.

ROWELL, R. M. et al. Cell wall Chemistry. In: \_\_\_\_\_. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. New York: Taylor & Francis Group, 2005. cap. 3.

RUBIRA, J. L. P., BUENO, L. O. **Cultivo de plantas forestales em contenedor**. Madrid: Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1996. 189 p.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 115, 2000.

SANTOS, T. S. et al. Utilização do clorofilômetro como ferramenta auxiliar na fertirrigação nitrogenada no cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuai). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 15., 2003, Marília. **Resumos**. Marília, Unesp, 2003. 1 CD-ROM.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica, contração da madeira e nos rendimentos e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado**. [Distrito Federal], 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) . Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

SASSE, J. et al. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, v. 16, p. 287-294, 1996.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 100 f. **Tese** (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) . Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E.; PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, SP, v. 9, n. 1, p. 31-40, jan./abr. 2004.



SILVEIRA, R. L. V. A; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agrônomicas**, n. 91, p. 1-12, set. 2000. (Potafós - encarte técnico).

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. de M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**, Netherlands, n. 22, p. 19-41, 2001.

STAPE, J. L. A pesquisa silvicultural e a visão socioambiental são imprescindíveis para os novos clusters florestais. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, p. 37, dez. 07/fev.08, 2008.

STONEMAN, G. L.; TURNER, N. C.; DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. **Tree Physiology**, Victori, v. 14, p. 633-646, 1994.

SUTTON, R. F. Techniques for evaluating planting stock quality. **For. Chron.** Ontário, v. 56, p. 116-120, 1980.

TAIZ, L., ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

WAKELEY, P. C. Planting the southern pines. **Agriculture Monography**, Washington, D. C, n. 18, p. 1-233, 1954.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.

## CAPÍTULO 1

### **INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, METABÓLICOS E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO NO CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO**

#### **RESUMO**

#### **INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR DE MUDAS DE EUCALIPTO NO CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO.**

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar parâmetros fisiológicos, metabólicos e teor de nitrogênio foliar de mudas de dois clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na fase de expedição, e estudar a relação desses parâmetros com a sobrevivência e o crescimento no campo, considerando a seleção das mudas expedidas durante os períodos de verão e inverno. O estudo foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, região litorânea do Estado do Espírito Santo, com utilização de mudas produzidas por miniestaquia apical, em tubetes de 53 cm<sup>3</sup> com substrato orgânico e integrado em três etapas: (1) viveiro: após a seleção das mudas pela operação para a expedição, realizou-se a seleção quanto às classes de tonalidade das copas associadas ao índice de clorofila foliar e, posteriormente, a medição do índice de fluorescência foliar, as trocas gasosas e o potencial hídrico; (2) laboratório: realizou-se a análise laboratorial do teor de nitrogênio foliar, carboidratos e proteínas para cada classe de mudas; e (3) campo: caracterizou-se pelo plantio e avaliações quanto à sobrevivência, à altura da parte aérea e ao diâmetro da base do coleto aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias de plantio. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do *software* SAEG 9.1. Diferenças significativas entre clones foram observadas para os diferentes parâmetros. Classes de índice de clorofila não apresentam diferenças significativas quanto a carboidratos e índice de fluorescência foliar, sendo diretamente proporcional ao teor de nitrogênio foliar, proteínas, fotossíntese, transpiração, condutância estomática e potencial hídrico. Em condições meteorológicas adequadas, o teor de nitrogênio foliar e os parâmetros fisiológicos e

metabólicos estudados não apresentam diferenças significativas em crescimento inicial no campo.

**Palavras-chave:** Mudas. Eucalipto. Sazonalidade. Índice de clorofila. Crescimento.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF PARAMETERS PHYSIOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND LEAF N CONTENT OF CUTTINGS IN THE INITIAL GROWTH IN THE FIELD

This study was carried out to characterize the parameters physiological, metabolic and leaf N content of cuttings of two hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* during the phase of expedition, and to study the relationship of these parameters with survival and growth in the field, considering the selection of cuttings dispatched during the summer and winter. The study was conducted at Aracruz Celulose SA, Aracruz, the coastal region of Espírito Santo, using cuttings produced by apical minicutting in tubes of 53 cm<sup>3</sup> with organic substrate and integrated into three steps: (1) nursery : after selecting of the cuttings by operation to the expedition, was made the selection on classes of tonality of the canopy of tree associated with the leaf chlorophyll index and then, measuring of the leaf fluorescence index, gas exchange and water potential, (2) laboratory: was made the laboratory analysis of leaf N content, carbohydrates and proteins for each class of cuttings, and (3) field, it was characterized by planting and assessments on the survival, height growth of the shoot and diameter of the base of the stem at 0, 30, 60, 90 and 120 days of planting. The data were subjected to the analysis of variance and, when significant tested at 5% level of probability, through software SAEG 9.1. Significant differences between clones were observed for the different parameters. Classes of chlorophyll index do not present significant differences in carbohydrate and leaf fluorescence index, being directly proportional to the leaf N content, protein, photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and water potential. In appropriate weather conditions, the leaf N content and the physiological and metabolic parameters studied did not show significant differences in initial growth in the field.

**Key words:** Cuttings. *Eucalyptus*. Seasonality. Chlorophyll index. Growth.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas de espécies florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de povoamentos florestais com maiores taxas de incremento/ha/ano. Várias pesquisas científicas e avanços técnicos têm sido realizados com o objetivo de melhorar a qualidade das mudas, assegurando boa adaptação e crescimento após o plantio (GONÇALVES et al., 2000). Esse fato justifica o interesse sempre mostrado na qualificação de indicadores para a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (CARNEIRO, 1995).

O uso de mudas com adequado padrão de qualidade e de rusticidade faz-se necessário para garantir o sucesso do plantio no campo, sendo de fundamental importância para o êxito de um povoamento florestal. A identificação do padrão de rusticidade de mudas para implantação é um desafio para muitas empresas florestais.

A identificação do grau de rusticidade ideal para plantio das mudas é um processo fundamental dentro dessa questão de qualidade da muda. Pois, além de certificar se a muda está adaptada para suportar as condições de plantio no campo, tem por objetivo determinar quais parâmetros alteram a sobrevivência e o crescimento delas e, também, quais as características da planta que estão correlacionadas com essas variáveis.

Mudas não rustificadas ou com padrão diferenciado de rusticidade representam um diferencial importante para o sucesso do estabelecimento dos plantios comerciais, podendo afetar os padrões satisfatórios de sobrevivência, uniformidade e produtividade quando utilizadas em condições ambientais desfavoráveis. Acredita-se que o plantio de mudas com rusticidade ideal garante altos índices de sobrevivência e bom desenvolvimento inicial pós-plantio, o que, de acordo com Carneiro (1995), reduz a necessidade de limpezas em povoamentos recém implantados.

Apesar da rusticidade das mudas ser um dos parâmetros de grande importância em relação à sobrevivência após plantio e obtenção de povoamentos de alta

produtividade, poucos estudos vêm sendo realizados na tentativa de elucidar essa subjetividade. Assim, este trabalho pretende contribuir para a superação desta lacuna quanto a alguns critérios e indicadores utilizados por viveiristas para medição da rusticidade da muda.

Acredita-se que o padrão de rusticidade ideal esteja relacionado tanto a características morfológicas como fisiológicas e nutricionais das mudas, os quais permitirão selecionar a característica ou o grupo de características que serão úteis na identificação da rusticidade com avaliação do desempenho das mudas no campo.

Em função da ausência de aplicação de métodos quantitativos adequados para medição de rusticidade em mudas de eucalipto, somada à necessidade de se ter uma definição mais acertada dos indicadores de rustificação, sugeriu-se, neste trabalho, o estudo de algumas características que possam se correlacionar e serem úteis na identificação do padrão de rusticidade de mudas de eucalipto.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar parâmetros fisiológicos, metabólicos e de teor de nitrogênio foliar de mudas de eucalipto de dois clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na fase de expedição, e estudar a relação desses parâmetros com o crescimento inicial no campo, considerando a seleção das mudas no viveiro em duas sazonalidades.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

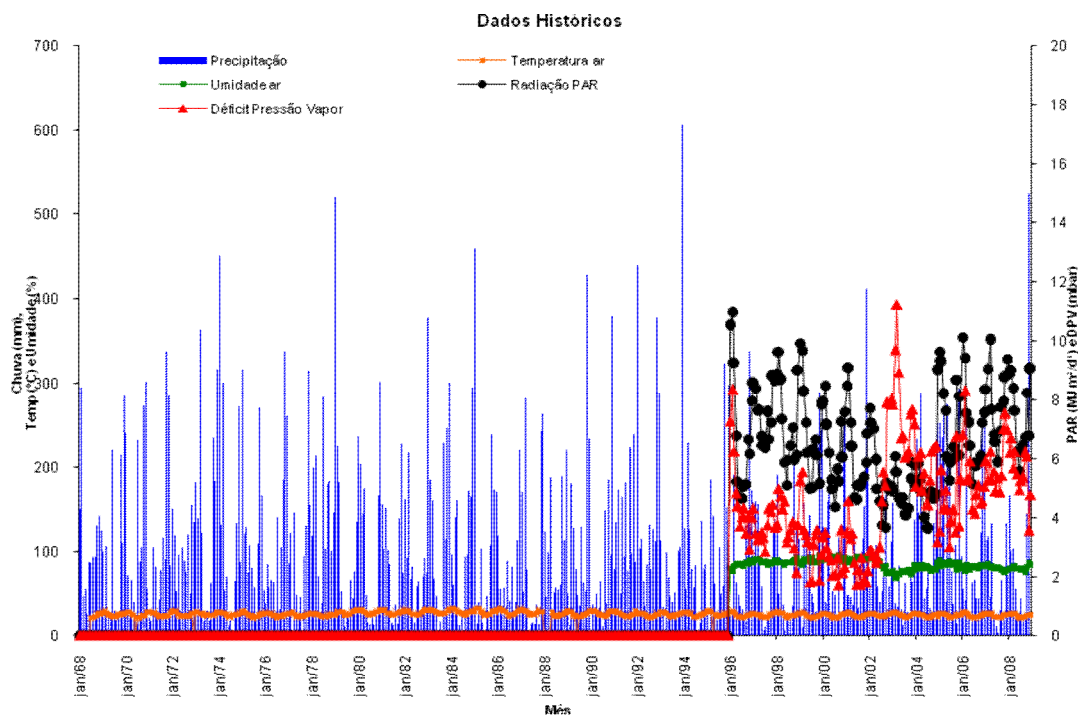
O presente estudo foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, na região litorânea do Estado do Espírito Santo, localizada a 19°48' S de latitude e 40°17' W de longitude e 60 m de altitude média. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, a região apresenta clima tipo Am, que caracteriza o clima tropical chuvoso, com chuvas de verão, inverno seco e temperaturas elevadas durante todo o ano.

A instalação do experimento foi realizada em uma área de plantio comercial da empresa, na regional Aracruz, sendo considerada área de reforma (5º ciclo) com plantio na entrelinha e localizada na latitude 19° 47' 04" S e longitude 40° 08' 25" W, com relevo plano e o solo do tipo Argissolo Amarelo Distrófico de textura média/argilosa.

O estudo foi realizado de forma integrada em três etapas: viveiro, laboratório e campo. A primeira etapa foi realizada na fase de expedição no viveiro e abordou a seleção das mudas, de acordo com suas classes de índice de clorofila, e medição do índice de fluorescência foliar.

Na segunda etapa, realizou-se a análise laboratorial do teor de nitrogênio foliar. A terceira etapa realizada em campo caracterizou-se pelo plantio e as avaliações subsequentes. O experimento foi realizado em duas sazonalidades, ou seja, a seleção das mudas no viveiro foi realizada durante o verão (fevereiro/2008) e durante o inverno (julho/2008).

Na Figura 1 é mostrado um resumo histórico do comportamento de algumas variáveis climatológicas, como precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor (DPV) e umidade do ar, referentes à região de Aracruz, no Estado do Espírito Santo. Essas variáveis foram coletas através de uma estação meteorológica convencional (até 1995) e automática (a partir de 1996), ambas com equipamentos fornecidos pela Campbell Science, e localizadas no viveiro da empresa. O valor do DPV foi calculado segundo a equação proposta por Naves-Barbiero et al. (2000).



**Figura 1** - Resumo histórico de valores anuais dos últimos 40 anos, para a precipitação pluviométrica, a radiação PAR, a temperatura, o déficit pressão de vapor e a umidade do ar, medidas na estação meteorológica localizada no viveiro da empresa.

## 2.1 PRODUÇÃO DAS MUDAS

As mudas foram produzidas por meio de miniestacas, de tamanho variando entre 8 e 10 cm, retiradas da posição apical da brotação das minicepas, do jardim miniclonal, caracterizado como uma área implantada e manejada exclusivamente para produção de brotações para o viveiro, provenientes de dois clones híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, denominados de clone 11 e 75, considerados no processo de rustificação do viveiro como sendo o mais fácil e o mais difícil, respectivamente, de serem rustificados.

O tipo de recipiente utilizado foi o tubete de polipropileno, com capacidade volumétrica de 53 cm<sup>3</sup>, modelo T-53/4, com quatro estrias. O substrato foi composto por uma mistura de 35% do volume, com vermiculita expandida tipo fina, 35% do volume com casca de arroz carbonizada e 30% do volume com fibra de coco. Nessa



mistura foram adicionados  $2,5 \text{ kgm}^{-3}$  de osmocote (19-06-10) microgranulado de liberação lenta e  $2,0 \text{ kgm}^{-3}$  de superfosfato simples.

Após o plantio das estacas, estas foram constantemente aspergidas com água, até serem transportadas para as casas de vegetação e acondicionadas por aproximadamente 20 dias, fase durante a qual ocorreu o enraizamento das estacas. Após esse período, realizou-se a retirada das folhas e/ou mudas mortas, e em seguida foram transferidas para as casas de sombra onde permaneceram por 10 dias até que se realizasse a 1ª seleção, buscando a aclimação das mesmas.

Após essa etapa, as mudas foram transferidas para as áreas de crescimento, onde permaneceram por aproximadamente 15 dias, até ocorrer o desenvolvimento da parte aérea das mudas. Após esse período, quando as mudas possuíam idade entre 45 e 50 dias, realizou-se a 2ª seleção das mudas, que teve por objetivo eliminar as folhas iniciais e raízes que ultrapassavam o tubete, deixando-se somente uma brotação por muda. Ocorreu também a abertura do espaçamento entre as mudas e uma classificação em três tamanhos: mudas grandes, médias e pequenas. Em seguida, as mudas foram transferidas para as áreas de rustificação.

Na rustificação elas permaneceram por um período de 25 a 60 dias, até atingirem o amadurecimento e as condições suficientes para sobreviverem no campo. Todo o processo de produção de mudas teve duração aproximada de 80 dias durante o verão e 95 dias durante o inverno.

## 2.2 SELEÇÃO DAS MUDAS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES

As mudas utilizadas no experimento foram selecionadas em duas sazonalidades, verão e inverno.

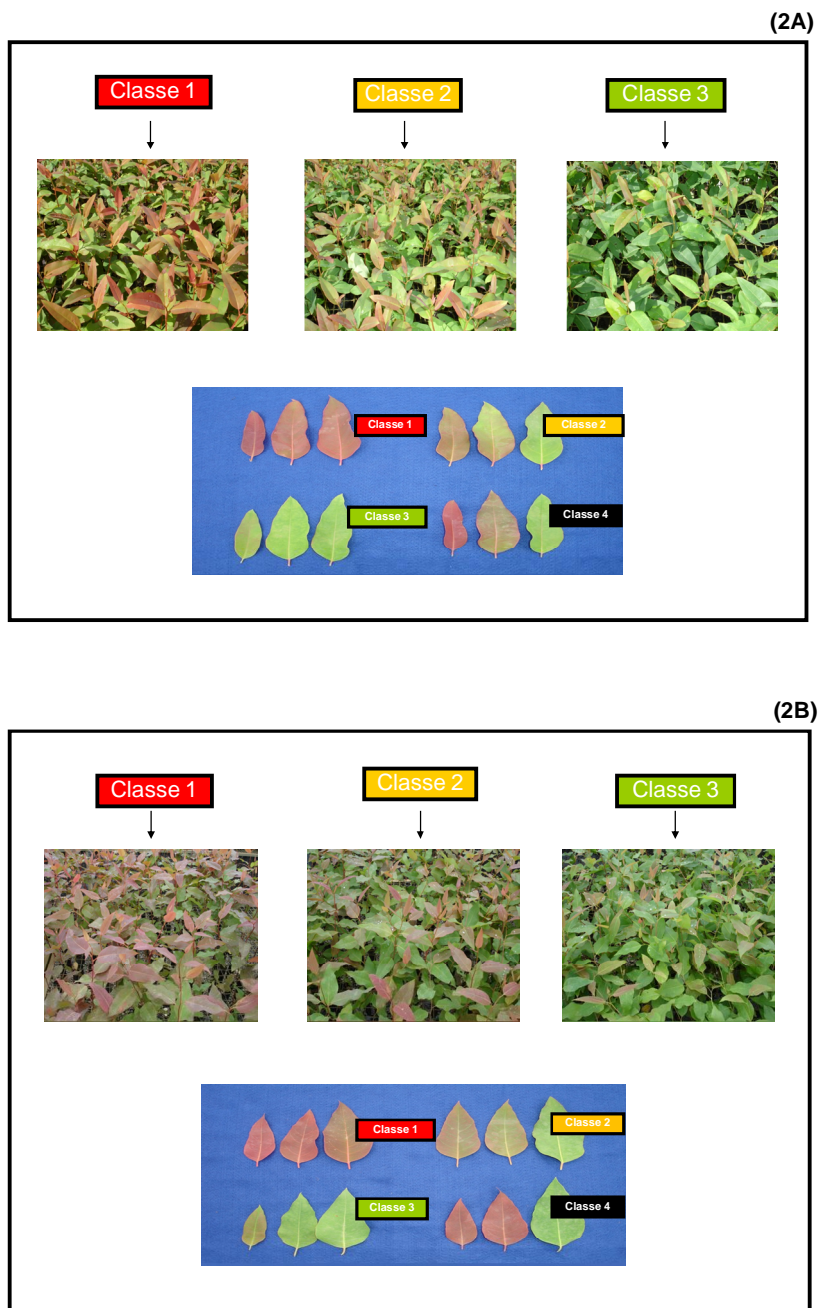
Os dois clones apresentavam idade de 80 dias na seleção realizada no verão e 95 dias na seleção realizada no inverno, e atendiam a todos os critérios exigidos para a expedição de acordo com as a norma do viveiro da empresa.

Para a definição das classes, foi realizada uma amostragem com pré-seleção visual em um lote de mudas quanto à tonalidade das copas, classificando-as em três classes, sendo avermelhadas, amareladas e esverdeadas. Após essa pré-seleção, quantificou-se o índice de clorofila foliar individual de todas as mudas de cada classe de tonalidade e, baseado nas médias e desvios-padrão desses índices, realizou-se a subdivisão da classe do índice de clorofila foliar, o qual é adotado pelo viveiro da empresa atualmente, em seu padrão de qualidade de mudas, de acordo com a Recomendação Técnica-operacional (PENCHEL et al., 2007).

Após a realização dessa amostragem para a definição das amplitudes das classes de índices de clorofila foliar, adotaram-se 3 classes de mudas, nas quais as mudas foram pré-selecionadas visualmente com base na tonalidade de suas copas (Figura 2), e em seguida quantificadas com relação ao seu índice de clorofila foliar, relacionando assim a tonalidade da copa da muda com o índice de clorofila foliar. Além das 3 classes de coloração, foi considerada também outra classe, a classe 4, sendo denominada de classe testemunha, ou seja, com tonalidade mista e índice de clorofila variável. Dessa forma, foram selecionadas 4 classes de mudas para cada clone, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Descrição da classificação das mudas, conforme a tonalidade da copa, para classes e clones

| Clones | Classes | Tonalidade da Copa |
|--------|---------|--------------------|
| 11     | 1       | Avermelhada        |
|        | 2       | Amarelada          |
|        | 3       | Esverdeada         |
|        | 4       | Mista              |
| 75     | 1       | Avermelhada        |
|        | 2       | Amarelada          |
|        | 3       | Esverdeada         |
|        | 4       | Mista              |



**Figura 2** - Classificação das mudas, conforme a tonalidade da copa, para as classes do clone 11 (Fig. 2A) e do clone 75 (Fig. 2B).

## 2.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS AVALIADOS

### 2.3.1 Índice de clorofila foliar (IC)

O índice de clorofila foliar foi quantificado em cada muda com o objetivo de classificá-la de acordo com as 4 classes definidas anteriormente. A quantificação do IC das mudas foi realizada por meio do medidor portátil de clorofila CCM-200, Opti-Sciences. A média dos valores obtidos nas medições realizadas em uma das folhas do 2º, 3º e 4º pares contadas a partir do ápice foi usada para posterior análise. Essa medição foi realizada em 125 mudas de cada classe, para cada clone, durante o verão e inverno.

### 2.3.2 Índice de fluorescência foliar ( $F_v/F_m$ )

O índice de fluorescência foliar foi medido em cada classe de mudas definidas pela tonalidade das copas e pelo IC, para cada clone, selecionadas durante o verão e inverno. Para tanto, utilizou-se uma amostragem de 10 repetições, composta por uma muda cada, sendo as medições realizadas em uma folha do 3º par, contado a partir do ápice, sendo esta a mesma folha deste par medida para a determinação do IC.

As medições da emissão da fluorescência da clorofila foram feitas às 9h, 12h e 16h, por meio de um fluorímetro não-modulado modelo PEA (Hansatech Instruments Ltd, King's Lynn, Norfolk, UK). Para tanto, foram utilizadas pinças fornecidas pelo fabricante para a adaptação do tecido foliar ao escuro, por 30 min, para que todos os centros de reação adquirissem a condição de abertos ( $Q_a$  oxidada) (Bolhar-Nordenkamp et al., 1989). Obtiveram-se as medidas de fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ). A partir dos valores de  $F_v$  e  $F_m$ , foi obtida a relação  $F_v/F_m$ , rendimento quântico máximo do fotossistema II (Bolhar-Nordenkamp et al., 1989). A indução da fluorescência foi feita por um pulso de luz vermelha (650 nm) com duração de 2 s com intensidade de  $600 \text{ W m}^{-2}$  (100% de intensidade), obtido por meio de seis LEDs (Light Emitting Diodes), localizados na sonda do aparelho.

A estimativa da intensidade da fotoinibição foi calculada pela seguinte equação:

$$\% \text{fotoinibição} = [1 - (Fv/Fm \text{ 12:00}) / Fv/Fm \text{ 9:00}] \times 100$$

### **2.3.3 Medição das trocas gasosas e potencial hídrico foliar**

A medição das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar foi realizada durante uma campanha de 6 dias consecutivos, com medição de uma classe de mudas em cada dia.

Na superfície de uma folha do 3º par, contado a partir do ápice, sendo esta a mesma folha deste par medida para a determinação do IC, mediu-se a fotossíntese líquida, a condutância estomática e a transpiração, com auxílio de um analisador a gases infravermelho portátil (Irga), modelo Li-6400 da LICOR, utilizando uma fonte luminosa fixa em  $1500 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de intensidade de radiação fotossinteticamente ativa. Esse analisador permaneceu acoplado na folha da muda durante todo o dia e programado para realizar leituras horárias, desde as 9h até as 16h. Para essa medição foi utilizada apenas uma única repetição de uma muda para cada classe, de cada clone, no verão e no inverno.

Para a determinação do potencial hídrico foliar, utilizou-se uma bomba de pressão PMS 1003 (PMS Instruments Co.), em uma das folhas do 3º par contado a partir do ápice, sendo esta a mesma folha deste par medida para a determinação do IC. A medição foi realizada em uma amostra com três repetições de uma muda cada, sendo avaliados quatro horários durante o dia, às 4h30min (antemanhã), 9h, 12h e 16h.

O controle de umidade da muda foi realizado durante todo o dia em ambas as medições, sendo o substrato mantido em 50% da capacidade de campo, e monitorado através de um sensor denominado Wet Sensor, fabricado por DELTA-T, marca HH2, o qual foi calibrado para o substrato utilizado.

## 2.4 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS AVALIADOS

### 2.4.1 Teor de proteína foliar

A determinação do teor de proteína foliar foi realizada em cada classe de mudas definida pela tonalidade das copas e pelo IC, utilizando uma amostra composta por 3 repetições de 7 mudas cada. As medições dos teores foram feitas somente no limbo das folhas, nas quais, anteriormente mediu-se o IC, ou seja, no limbo de uma folha do 2º, 3º e 4º par.

Após serem destacados das mudas, os limbos foram lavados em água corrente, em seguida em água destilada e colocados em estufa de aeração forçada a 60 °C durante 48 horas. A determinação do teor total de proteína foliar foi realizada pelo Método Micro Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

### 2.4.2 Teor de carboidrato

Para a quantificação dos teores de açúcares livres redutores e não redutores (sacarose) presentes em cada classe de mudas de tonalidade das copas e de IC, foi utilizada uma amostra composta por 3 repetições de 7 mudas cada, sendo utilizadas em cada muda somente as folhas nas quais se mediu o índice de clorofila foliar. Essa quantificação foi realizada de acordo com a norma MT/TEC-008 desenvolvida internamente pelo Centro de Pesquisa e Tecnologia da Aracruz Celulose S.A.

## 2.5 REALIZAÇÃO DA ANÁLISE DO TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR (N)

A determinação do teor de nitrogênio foliar foi realizada em cada classe de mudas de tonalidade da copa e de IC, retirando-se uma amostra composta por 3 repetições de 7 mudas cada, sendo utilizado somente o limbo das folhas no qual se mediu o índice de clorofila foliar e o índice de fluorescência foliar.

Após serem destacados das mudas, os limbos foram lavados em água corrente, em seguida em água destilada e colocados em estufa de aeração forçada a 60 °C durante 48 horas. A determinação do nitrogênio foliar total foi realizada pelo Método Micro Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

## 2.6 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO

Realizou-se controle de formigas antes e após o plantio em toda a área do experimento, utilizando-se 1,5 Kg/ha de isca granulada, 0,5 Kg/ha de porta isca de 10g e 1,5 Kg/ha de porta isca de 5 g.

As operações realizadas no preparo do solo para o plantio foram seguintes: capina química pré-plantio, eliminação química de brotação de cepas, 1º repasse a formiga, rebaixamento de toco, limpeza da linha de plantio, subsolagem com 80 cm de profundidade, eliminação de cepa, 2º repasse a formiga, adubação de plantio e plantio. Após o plantio, foi realizada a adubação de arranque, capina química pós-plantio, capina química pressurizada (pós-emergente).

Antes de serem enviadas a campo para plantio, as mudas foram previamente submetidas a uma aplicação de cupinícida Twister diluído em água com concentração de 300 g/ 100 L de água, via submersão das raízes. O plantio no campo foi realizado de forma semimecanizada, através de matracas, com utilização de gel hidratado Stocksorb 500<sup>R</sup> microgranulado com dosagem de 3 g/ 500 ml de água/ cova, sem afogamento de colete, nos meses de fevereiro (seleção das mudas realizada no verão) e julho (seleção das mudas realizada no inverno) de 2008, em espaçamento de 3 x 2,5 (linha e entre linha, respectivamente). Dois dias após o plantio, as mudas receberam uma irrigação de aproximadamente oito litros de água por cova e 3 dias após o plantio uma adubação com aplicação de 120 g por cova da formulação granulada de NPK (06-30-06).

Adicionalmente, fez-se capina química pós-plantio, capina química pressurizada (pós-emergente). Durante todo o período experimental, as plantas daninhas foram

rigorosamente controladas através de capinas semi-manuais em coroamento, não havendo necessidade de roçada mecânica na entrelinha de plantio.

## 2.7 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO CAMPO

Após o plantio no campo, as plantas foram avaliadas quanto a sobrevivência, a altura da parte aérea e o diâmetro da base do caule, aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias.

A sobrevivência foi avaliada através da contagem visual das plantas. A altura da parte aérea foi medida a partir do coleto até a gema apical com auxílio de uma régua telescópica graduada fabricada pela Aracruz Celulose S.A. e, o diâmetro da base do caule foi medido próximo à região do coleto por meio de um paquímetro digital marca Storreti.

## 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a análise do teor de nitrogênio foliar e índice de fluorescência foliar, os dados foram analisados no esquema fatorial 2 x 4 (sazonalidades x classes) com 3 repetições e 7 mudas cada para o parâmetro nitrogênio e 10 repetições de uma muda cada para índice de fluorescência. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do Software SAEG 9.1 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Para a análise da fotoinibição, os dados foram analisados no esquema fatorial 2 x 4 (clones x classes) e submetidos à análise de variância, utilizando o Software Estatístico SAS - BÁSICO Versão 3.1, e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). A análise de dados referente à fotoinibição, utilizando o *software* mencionado, foi realizada no Centro de Pesquisa e Tecnologia da Aracruz Celulose.



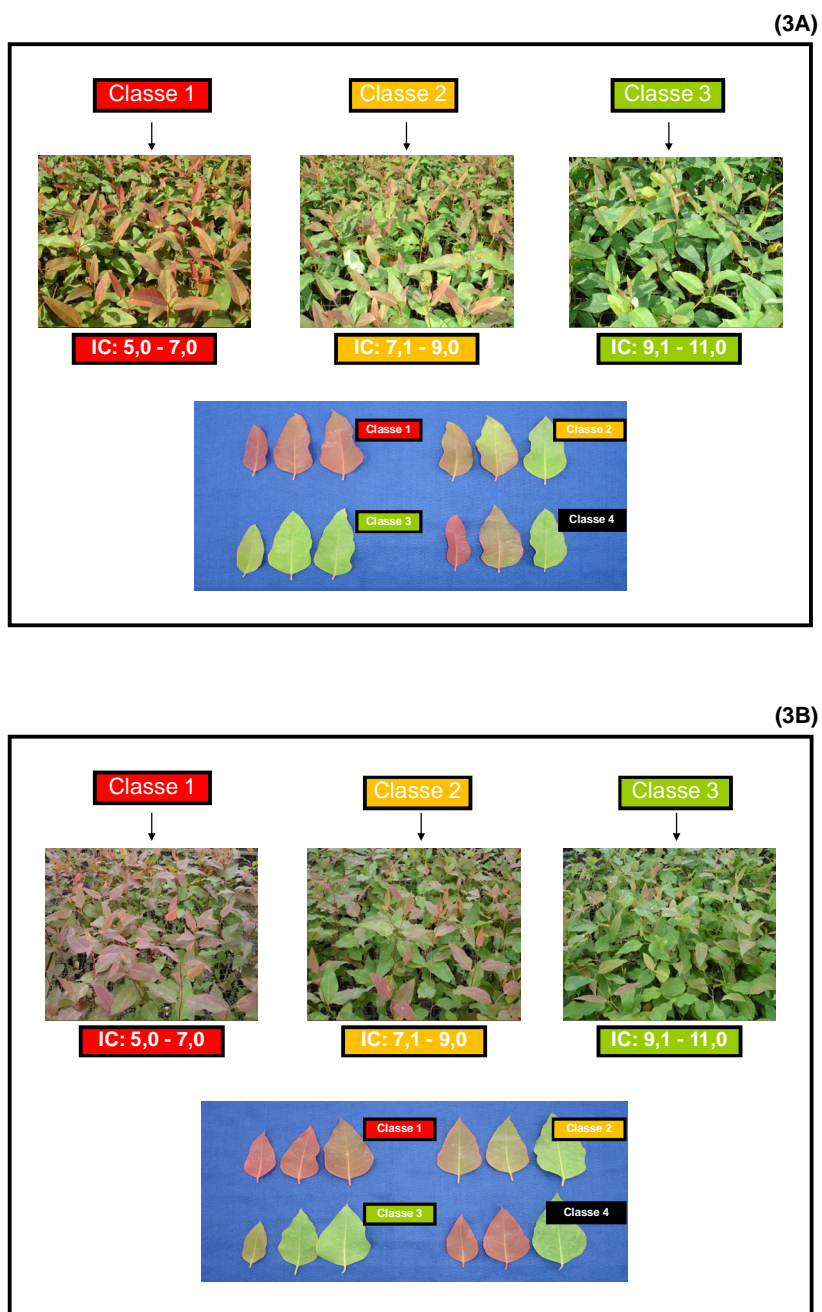
Para a análise de açúcar livre total, sacarose e teor de proteínas, os dados foram analisados no esquema fatorial 2 x 4 (clones x classes) com 3 repetições e 7 mudas cada. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do Software SAEG 9.1 e, quando significativo foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p=0,05$ ).

Para as avaliações de campo, o experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas 2 x 4 x 5, tendo nas parcelas um esquema fatorial, sendo clone em 2 níveis e classes em 4 níveis e, nas subparcelas 5 tempos de avaliação (0, 30, 60, 90 e 120 dias) num delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições e 25 plantas por parcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do Software SAEG 9.1, e quando significativo foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p=0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ÍNDICE DE CLOROFILA FOLIAR, ÍNDICE DE FLUORESCÊNCIA FOLIAR E TEOR DE NITROGÊNIO FOLIAR DAS MUDAS EM CONDIÇÕES DE VIVEIRO

Na Figura 3 é apresentada a classificação das mudas de acordo com a relação da tonalidade das copas com os índices de clorofila foliar quantificados, para cada classe de mudas de ambos os clones estudados. Pode-se observar que existe uma relação visual entre a tonalidade das copas com o índice de clorofila foliar em cada classe, o qual varia de 5,0 a 7,0 para a classe 1, de 7,1 a 9,0 para a classe 2, de 9,1 a 11,0 para a classe 3 e, de 5,0 a 11,0 para a classe 4, não sendo considerada sobreposição para esses valores.



**Figura 3** - Classificação das mudas conforme a relação das classes de tonalidade das copas com os índices de clorofila foliar quantificados no viveiro, para cada classe de mudas do clone 11 (Fig. 3A) e do clone 75 (Fig. 3B).

Em relação à caracterização do teor de nitrogênio foliar total e do índice de fluorescência foliar, são mostrados na Tabela 2, conforme análise de variância em anexo, os valores das faixas encontrados para cada classe de mudas de eucalipto

dos clones 11 e 75, selecionadas durante o verão e o inverno, em condições de viveiro.

**Tabela 2** - Valores das faixas do índice de clorofila foliar, médias do teor de nitrogênio foliar total e do índice de fluorescência foliar, para cada classe de mudas de eucalipto do clone 11 e 75, selecionadas durante o verão e inverno, em condições de viveiro

| Clones | Classes | IC         | Teor de N Foliar (%) |         | Fv/Fm      |           |
|--------|---------|------------|----------------------|---------|------------|-----------|
|        |         |            | Verão                | Inverno | Verão      | Inverno   |
| 11     | 1       | 5,0 - 7,0  | 1,1 b B              | 1,7 b A | 0,705 a B  | 0,770 a A |
|        | 2       | 7,1 - 9,0  | 1,4 a B              | 1,9 b A | 0,704 a B  | 0,766 a A |
|        | 3       | 9,1 - 11,0 | 1,5 a B              | 2,4 a A | 0,699 a B  | 0,787 a A |
|        | 4       | 5,0 - 11,0 | 1,5 a A              | 1,7 b A | 0,679 a B  | 0,790 a A |
| 75     | 1       | 5,0 - 7,0  | 1,0 b B              | 1,2 c A | 0,712 bc A | 0,743 a A |
|        | 2       | 7,1 - 9,0  | 1,1 b B              | 1,4 b A | 0,741 ab A | 0,773 a A |
|        | 3       | 9,1 - 11,0 | 1,3 a B              | 1,8 a A | 0,762 a A  | 0,747 a A |
|        | 4       | 5,0 - 11,0 | 1,1 b B              | 1,5 b A | 0,679 c B  | 0,740 a A |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna para classes e, maiúsculas na linha para as sazonalidades, para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os dados da Tabela 2, observa-se que para o clone 11, as classes de mudas 2, 3 e 4 apresentam-se estatisticamente iguais entre si e superiores a classe 1, para as selecionadas durante o verão. Para o inverno, a classe 3 mostra-se estatisticamente superior às demais. O mesmo comportamento é verificado também para o clone 75, porém para mudas selecionadas durante o verão. Já em relação às mudas selecionadas durante o inverno, são verificadas diferenças estatísticas significativas para as 3 classes de tonalidades de coloração selecionadas, sendo a classe 3 de valor superior e a classe 1 de valor inferior quanto ao teor de N foliar.

Em relação às sazonalidades, tanto para o clone 11 quanto para o clone 75, são observadas diferenças estatísticas entre as classes de coloração das mudas, exceto para a classe testemunha (classe 4) do clone 11. Observa-se também que as classes selecionadas durante o inverno apresentam maiores valores de N quando

comparadas às classes de mudas selecionadas durante o verão. Isso pode ser justificado pelo fato, de que no inverno, as mudas apresentaram uma maior quantidade de moléculas de clorofila, o que pode não ter ocorrido no verão devido a ações de fatores do ambiente, como a alta temperatura e DPV.

De acordo com os resultados obtidos é possível notar que existe uma relação direta e significativa entre o índice de IC e o teor de N foliar das classes de mudas, tanto para as selecionadas durante o verão quanto para o inverno. Nota-se que as classes de mudas que apresentam os maiores valores de IC, apresentam também os maiores valores de teor de N foliar. Essa mesma relação foi encontrada por vários autores, entre eles pode-se destacar Furlani Júnior et al. (1996) em folhas de feijoeiro e por Santos et al. (2003) para milho e pimenta.

Segundo Reis et al. (2006), essa relação implica na ausência de inibição da utilização da luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais da planta, como a absorção de nutrientes e, de acordo com Potafós (1998) , com a produção de carboidratos para o desenvolvimento. Lawlor (2002), afirma ainda que, quanto menor a relação IC e N, maiores serão os comprometimentos no tamanho, na composição e na função dos cloroplastos. Plantas com menor teor de N apresentam cloroplastos pequenos e achatados, com poucos tilacóides, podendo alterar a capacidade fotossintética da planta (LAZA; BERGMAN; VERGARA, 1993; KUTIK et al., 1995).

Silveira e outros (2001) afirmam que mudas rustificadas para o plantio no campo apresentam menores quantidades de N quando comparadas a mudas não rustificadas. Dessa forma, as classes de mudas com menor IC, ou seja, mudas mais avermelhadas e/ou amareladas, encontram-se mais rustificadas e no verão, as mudas atingem uma melhor rustificação em relação ao inverno.

Estudos de fluorescência em estado adaptado ao escuro permitem a identificação da eficiência máxima de aproveitamento da energia luminosa. Neste trabalho optou-se por discutir apenas as relações das fluorescências variável e a máxima ( $F_v/F_m$ ), visto que a mesma é uma das mais representativas do estado fotoquímico das folhas ou mesmo indicador de estresses (ZANANDREA et al., 2006). A razão  $F_v/F_m$

expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do Fotossistema II (FSII), ou seja, indica a probabilidade de um elétron, quando absorvido pelos pigmentos fotossintéticos do FSII, causar a redução da Quinona (Qa) (BAKER, 1991; KRAUSE; WEIS, 1991), representando segundo Haehnel e outros (1982), a eficiência quântica do transporte de elétron através do FII.

Em relação ao índice de fluorescência foliar, constata-se que mudas do clone 11 selecionadas tanto durante o verão quanto durante o inverno, não apresentam diferenças estatísticas significativas quanto às classes de índices de clorofila foliar. Portanto estão registradas diferenças significativas somente entre as sazonalidades, tendo as mudas apresentado durante o inverno uma melhor eficiência do aproveitamento da energia luminosa, ou seja, um menor estresse.

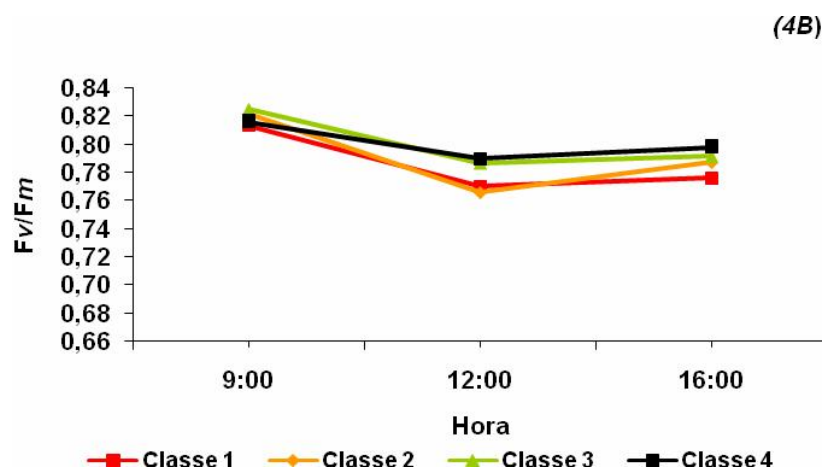
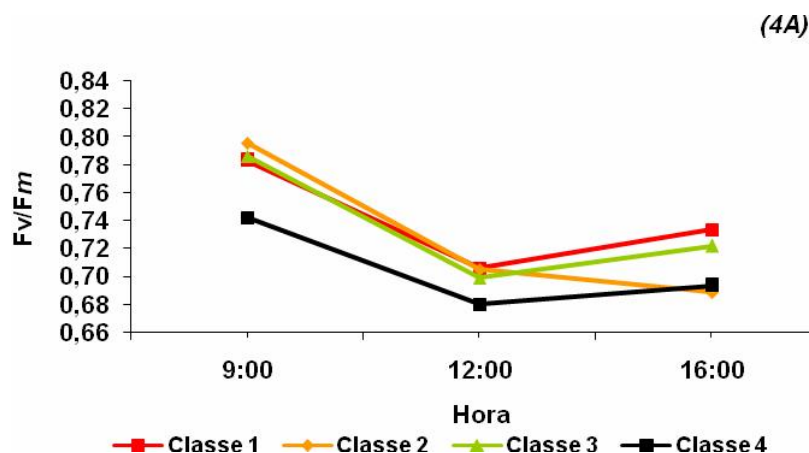
Em relação ao clone 75, observam-se poucas diferenças significativas entre as classes de mudas selecionadas durante o verão, sendo que a classe 4 apresenta-se inferior às classes 2 e 3. Porém, para o inverno, não há diferenças estatísticas entre nenhuma das classes. Comparando-se as sazonalidades, são observadas diferenças somente para a classe 4, sendo superior durante o inverno.

Os dados referentes ao  $F_v/F_m$  encontrados neste trabalho divergem do registrado por algumas literaturas, pois alguns estudos têm relatado que quanto menor o teor de N, ocorre um decréscimo do rendimento quântico relacionado ao transporte de elétrons do FSII e a eficiência quântica máxima do FSII (NUNES; RAMALHO; DIAS, 1993; VERHOEVEN; DEMMING-ADAM III, 1997), diferentemente do encontrado neste trabalho.

Nas Figuras 4 e 5 são mostrados os rendimentos quânticos do FSII ( $F_v/F_m$ ) avaliado em três horários do dia, em condições de viveiro, nas classes de mudas de eucalipto do clone 11 e 75, selecionadas durante o verão e o inverno.

Observa-se que o rendimento quântico do FSII apresenta comportamento influenciado pelos horários do dia para todas as classes de mudas. A eficiência intrínseca do FSII diminui durante a manhã até atingir um mínimo ao meio dia e mostra tendência de recuperação no período da tarde, conforme a temperatura e a

irradiância diminuem. Assim, ao final da tarde, os valores  $F_v/F_m$  são próximos aos registrados ao alvorecer, descrevendo desse modo uma curva côncava ao longo do dia, lembrando que cada classe apresenta um comportamento diferenciado ao longo do dia.



**Figura 4** - Rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ) em três horários do dia, nas classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão (Fig. 4A) e o inverno (Fig. 4B), avaliado em condições de viveiro.

De acordo com o exposto, verifica-se que as classes de mudas, em condições de viveiro, apresentam diferenças entre si na eficiência fotoquímica do FSII quando se compara as duas sazonalidades de seleção das mudas, sendo observado um maior comprometimento fotoquímico das classes selecionadas no verão (Fig. 4A), o que pode ter sido influenciado pela maior radiação e DPV ocorrida neste período. Nota-se que a classe 4 mantém-se menos eficiente durante todo o dia enquanto que as

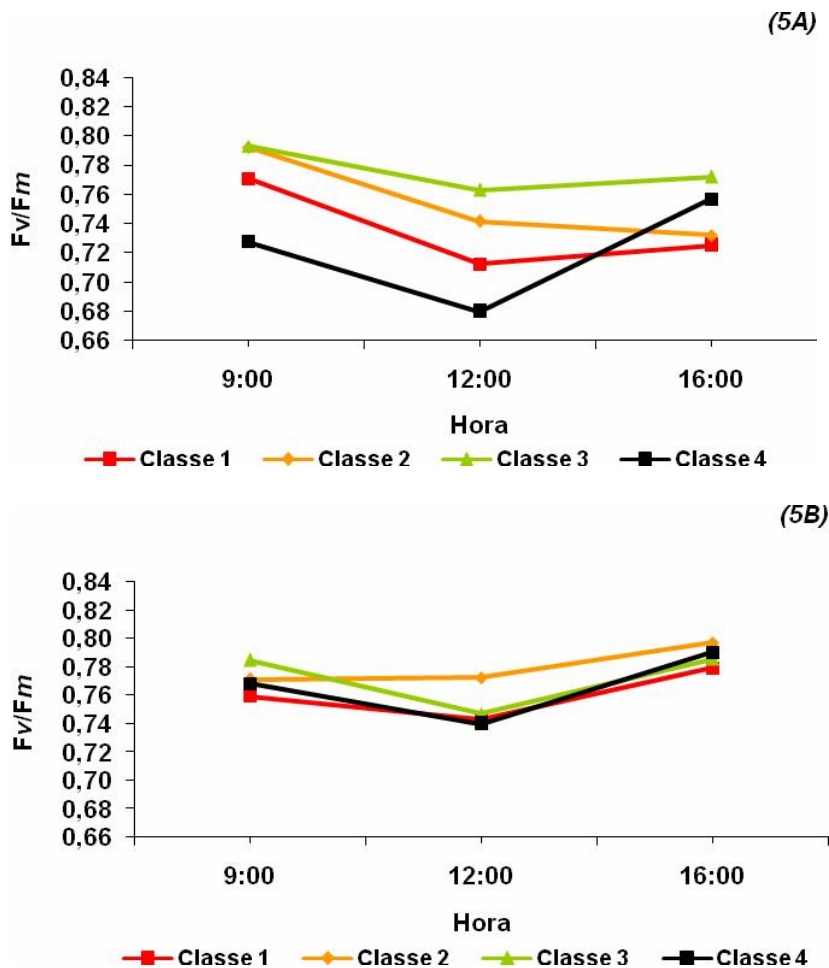
outras se mostram superiores e semelhantes entre si até o meio dia. A classe 1 seguida da classe 3 apresenta melhor recuperação ao fim da tarde.

No inverno (Fig. 4B), nota-se um comportamento mais constante das classes de mudas com pouca redução da eficiência fotoquímica durante todo o dia e principalmente no período de maior estresse. Uma melhor recuperação está registrada para a classe 4, seguida pela classe 2 e 3 e, por último a classe 1.

Nota-se que os valores encontrados para as classes de mudas selecionadas no inverno são bem superiores aos valores registrados para as classes selecionadas no verão. Portanto, pode-se afirmar que, em condições de viveiro, durante o inverno, este clone mostra uma ótima eficiência do fóton medido, em gerar ATP. Porém, no verão, a classificação das mudas apresenta uma pequena tendência de variabilidade do rendimento quântico máximo do FSII. Dessa forma, mesmo tendo apresentado valores baixos no verão, as mudas classificadas de acordo com o IC, apresentam maior eficiência em relação às mudas não classificadas (classe 4).

Para o clone 75, verifica-se a diferença entre as classes durante o verão (Fig. 5A). A classe 3 mostra o melhor comportamento ao longo do dia e a classe 4 apresenta o pior comportamento na primeira metade do dia, porém uma recuperação muito grande ao fim do dia, mas mesmo assim prevalece a classe 3 como o melhor rendimento fotossintético do fotossistema II, ou seja, uma maior eficiência em captar luz e converter em energia.





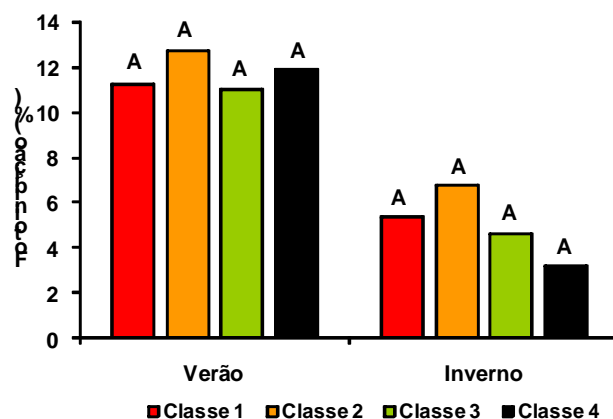
**Figura 5** - Rendimento quântico máximo do FSII ( $F_v/F_m$ ) em três horários do dia, nas classes de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas durante o verão (Fig. 5A) e o inverno (Fig. 5B), avaliado em condições de viveiro.

Para o inverno (Fig. 5B), percebe-se uma diferença entre as classes no início do dia, sendo a classe 1 considerada a melhor, porém ao fim do dia classe 4 mostra-se superior a ela.

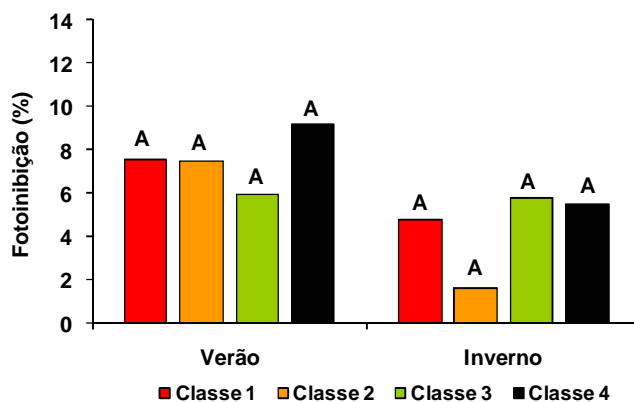
O aumento excessivo da luz acima da capacidade de utilização pela fotossíntese pode resultar em uma condição de estresse conhecido como fotoinibição, que causa diminuição da eficiência na incorporação do carbono (BARBER; ANDERSON, 1992). A relação  $F_v/F_m$  é utilizada como indicador de fotoinibição (ORT; BAKER, 2002) e representa a probabilidade de um fóton absorvido ser capturado pelos centros de reação do FSII e, desta maneira, ser capaz de reduzir a quinona A (FORCE; CRITCHLEY; VAN RENSEN, 2003). Essa relação é considerada ainda como uma condição de estresse em que se verifica uma diminuição do rendimento quântico da

fotossíntese, que vem acompanhada por alterações nas atividades do FSII (KRAUSE; WEIS, 1991).

As Figuras 6 e 7 mostram a comparação, conforme análise de variância em anexo, entre a fotoinibição ocorrida nas classes de mudas selecionadas durante o verão e o inverno, respectivamente para os clones 11 e 75, avaliada em condições de viveiro, antes da expedição para plantio no campo.



**Figura 6** - Comparação entre a fotoinibição (%) ocorrida nas classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno, avaliada em condições de viveiro.



**Figura 7** - Comparação entre a fotoinibição (%) ocorrida nas classes de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas durante o verão e o inverno, avaliada em condições de viveiro.

De acordo com o resultado da análise de variância expresso nas figuras acima, não é verificada diferença estatística significativa para a fotoinibição ocorrida nas classes

de mudas selecionadas no verão e no inverno, para nenhum dos clones. Esperava-se encontrar nesta pesquisa, a existência de diferenças significativas quanto ao nível de estresse ocorrido nas classes de mudas. Dessa forma, pode-se afirmar que, apesar das classes serem visualmente distintas, não houve diferenças significativas quanto à fotodanificação do FSII.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS METABÓLICOS

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de carboidratos (açúcar livre total e sacarose) e proteínas para cada classe de índice de clorofila das mudas de eucalipto dos clones 11 e 75, conforme análise de variância em anexo.

**Tabela 3** - Valores das faixas do índice de clorofila e valores médios de carboidratos (açúcar livre total e sacarose) e proteínas para cada classe de mudas de eucalipto do clone 11 e 75, na fase de expedição para plantio no campo, durante o Outono de 2008

| Clones | Classes | IC          | Carboidratos              |                 | Proteínas (%) |
|--------|---------|-------------|---------------------------|-----------------|---------------|
|        |         |             | Açúcar Livre Total (mg/g) | Sacarose (mg/g) |               |
| 11     | 1       | 5,0 - 7,0   | 53,7 a                    | 7,2 a           | 8,9 c         |
|        | 2       | 7,1 - 9,0   | 56,8 a                    | 6,1 a           | 10,7 b        |
|        | 3       | 9,1 - 11, 0 | 61,2 a                    | 7,8 a           | 12,4 a        |
|        | 4       | 5,0 - 11, 0 | 60,9 a                    | 8,6 a           | 8,6 c         |
| 75     | 1       | 5,0 - 7,0   | 57,1 a                    | 6,1 a           | 7,8 b         |
|        | 2       | 7,1 - 9,0   | 54,1 a                    | 7,1 a           | 8,4 b         |
|        | 3       | 9,1 - 11, 0 | 57,8 a                    | 8,2 a           | 9,7 a         |
|        | 4       | 5,0 - 11, 0 | 59,6 a                    | 7,3 a           | 8,3 b         |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna, para cada clone, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando o efeito das classes do índice de clorofila nos conteúdos de carboidratos para mudas dos clones 11 e 75, não é observada diferença estatisticamente significativa entre as classes de mudas de ambos os clones. Porém, verifica-se a existência de uma relação direta entre estes parâmetros. Quanto maior o índice de

clorofila, maior o acúmulo de carboidratos e proteínas presentes. É verificado um aumento da classe 3 em relação à classe 1, de aproximadamente 12%, 8% e 28%, respectivamente para açúcar livre total, sacarose e proteínas, para o clone 11. Já para o clone 75, verifica-se um aumento de aproximadamente 1%, 26% e 20%, respectivamente para os mesmos parâmetros. McNabb (1985) afirma que a definição da qualidade de muda deve levar em consideração a quantidade de carboidratos.

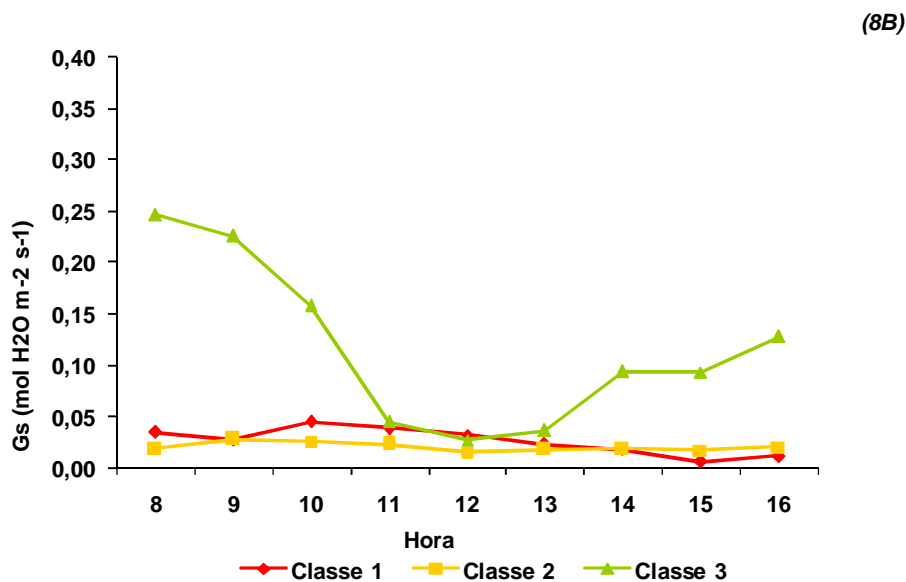
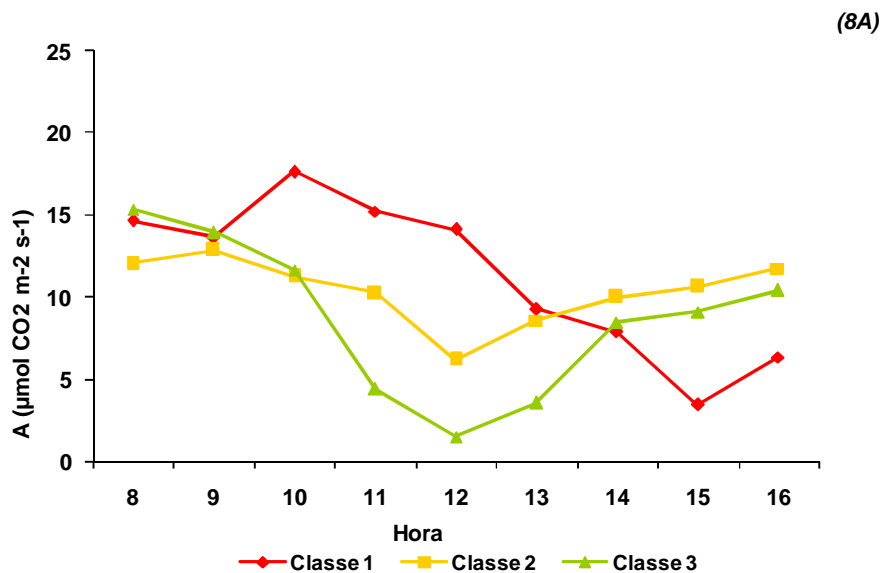
Cranswick, Rook e Zabkiewicz (1987) afirmam que o conteúdo de carboidratos depende do balanço entre produção média de carboidratos na fotossíntese e o uso desses carboidratos no crescimento e respiração. Silva (2003) destaca ainda que o acúmulo de carboidratos pode propiciar um melhor desempenho das mudas no campo.

Já em relação ao efeito do índice de clorofila nos conteúdos de proteínas, são observadas diferenças estatísticas significativas para as classes de mudas de ambos os clones. Para o clone 11, verifica-se que as classes 1, 2 e 3 diferem estatisticamente entre si, onde a classe 3 apresenta valores superiores de acúmulo de proteínas em relação as demais, seguida da classe 2 e, posteriormente das classes 1 e 4, as quais são significativamente iguais entre si. Em relação ao clone 75, verifica-se diferença estatisticamente significativa somente para a classe 3, a qual é superior às demais.

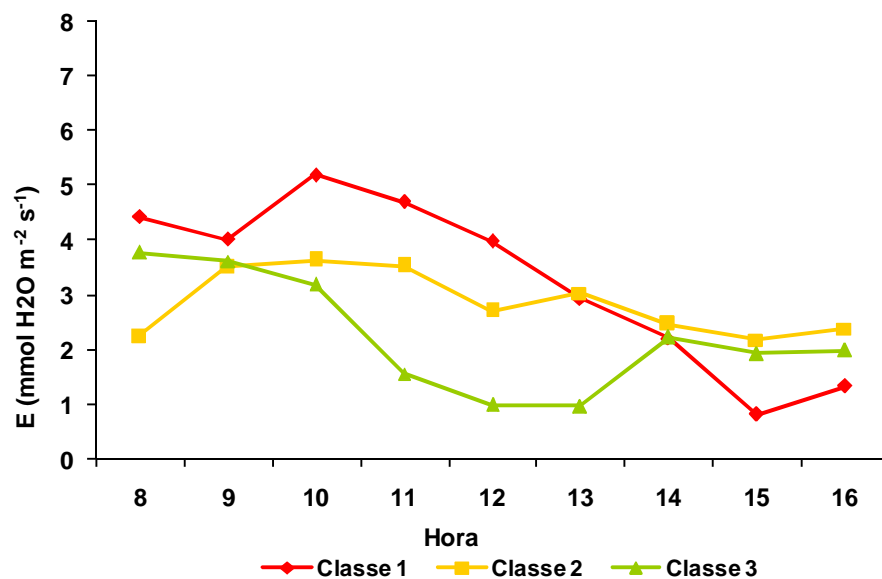
Desta forma, verifica-se que a quantidade de carboidratos encontrada nas classes de mudas não apresenta relação significativa com os diferentes índices de clorofila, em ambos os clones estudados, porém foi observado que existe uma relação direta entre esses parâmetros. Já para o teor de proteínas, espera-se que mudas esverdeadas de ambos os clones, tenham um melhor estabelecimento e desenvolvimento no campo, e que o índice de clorofila, relacionado diretamente como teor de proteínas, possa ser um indicador de rusticidade de mudas de eucalipto.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS E POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR PARA AS CLASSES DE ÍNDICE DE CLOROFILA FOLIAR

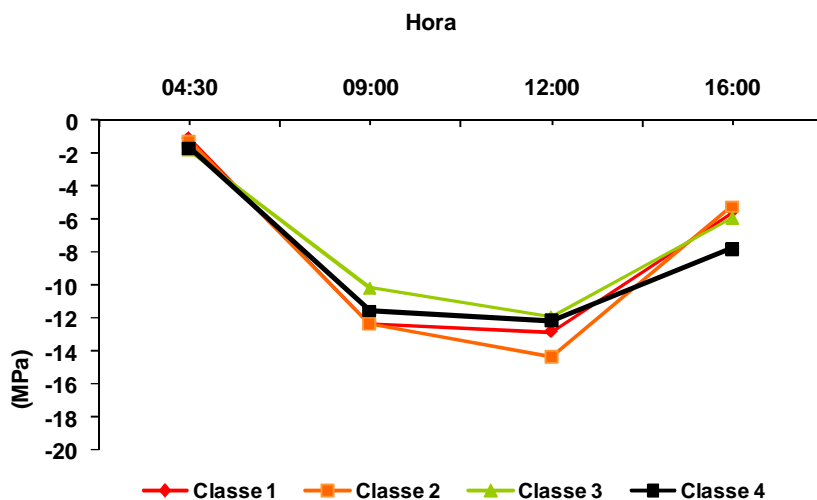
Na Figura 8 estão representados os comportamentos das trocas gasosas (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) e potencial hídrico foliar ( ) para as classes de plantas do clone 11, avaliadas em condições de viveiro.



(8C)



(8D)



**Figura 8** - Fotossíntese líquida (A) (8A), condutância estomática ( $G_s$ ) (8B), transpiração ( $E$ ) (8C) e potencial hídrico foliar ( $\psi_f$ ) (8D), nas classes de mudas de eucalipto do clone 11, avaliadas em condições de viveiro.

Em relação ao clone 11, a maior taxa fotossintética líquida (Fig. 8A) no início da manhã é atingida pela classe de plantas com maior índice de clorofila (Classe 3), seguida da classe de menor índice de clorofila (classe 1) e, posteriormente, pela classe de índice de clorofila intermediário (classe 2). Porém, durante horários mais quentes do dia, a classe 1 mostra maior capacidade em realizar fotossíntese que a classe 3, e ao final da tarde apresenta-se inferior, sendo que a classe 3 eleva-se e a

classe 2 é superior a ambas. Esse comportamento das classes não era esperado, uma vez que Pereira et al. (1992) afirmou que a taxa fotossintética está diretamente relacionada com o índice de clorofila.

A condutância estomática (Fig. 8B) apresenta comportamento muito superior para a classe 3 em relação às demais, principalmente nos horários onde se tem uma evaporação e incidência solar alta (manhã e final da tarde). As classes 1 e 2 mostram-se constantes ao longo do dia. A maior abertura estomática encontrada para a classe 3 em relação à classe 1 pode ter contribuído para valores superiores de fotossíntese nos horários menos quentes do dia.

A transpiração (Fig. 8C) segue tendência oposta da condutância estomática. Mesmo que no início da manhã as taxas transpiratórias tenham sido mais elevadas, ao final do dia apresentam taxas mais baixas. A classe 1 apresenta maiores variações e perdas de água durante as horas mais quentes do dia, diminuindo à medida do entardecer, uma vez que apresenta maior assimilação de CO<sub>2</sub> nos horários mais quentes. Já a classe 3 apresenta uma taxa transpiratória inferior e que também é reduzida de acordo com as horas mais quentes do dia, mostrando valores superiores no final da tarde. Segundo Pereira e outros (2006), mudas não rustificadas apresentam maiores variações de transpiração, o que é justificado pelo fato de perderem muita água até o fechamento dos estômatos. Para Inoue e Ribeiro (1988), a transpiração é um fenômeno bastante influenciado pelas condições do ambiente. Klar (1984) afirma que, como a transpiração é a perda de vapor de água pelas plantas, as plantas que possuem altas taxas de absorção de CO<sub>2</sub> apresentam grandes perdas por transpiração e, provavelmente, grandes consumos de água implicam no incremento positivo da produtividade.

Quando se compara a transpiração e a taxa fotossintética, verifica-se um comportamento similar para o clone. Alguns autores afirmam que de uma maneira geral, a perda de água através da transpiração está relacionada com a fotossíntese, pois ambos os processos utilizam o mesmo caminho de difusão desde o mesófilo da folha até o ambiente, através do estômato. Assim, conforme se eleva a fotossíntese também aumenta a transpiração. É o fato demonstrado pela classe 1 do clone em estudo, pois onde se observa alto potencial fotossintético também são atingidas as

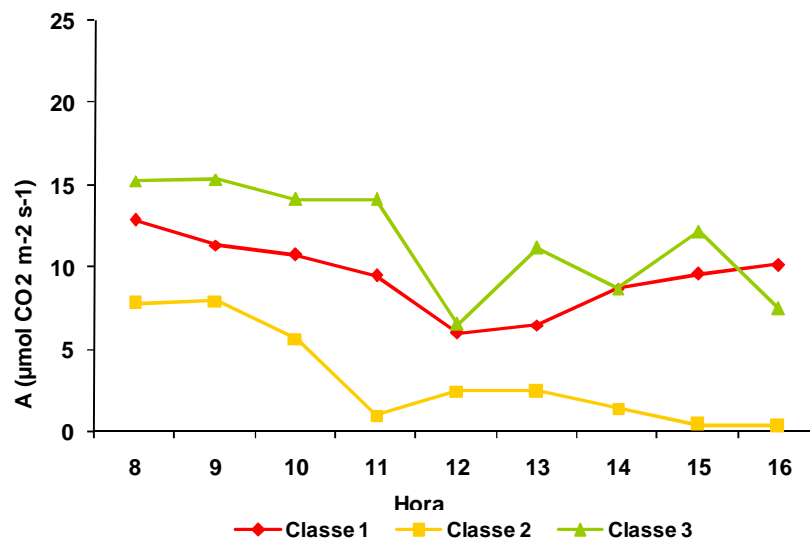
maiores taxas da transpiração. Quando esses dois parâmetros acima não estão correlacionados, é possível interpretar-se a economia de água da planta no processo de acúmulo de carboidratos.

O potencial hídrico foliar reflete as condições da dinâmica do processo de transporte no sistema solo-planta-atmosfera, constituindo o principal componente responsável pelo fluxo de água na planta. Os resultados mostram que o potencial hídrico foliar antemanhã, mostrado na Figura 8D, não apresenta comportamento diferenciado entre as classes. Portanto, durante o dia, principalmente nos horários mais quentes, a classe 3 mostra-se levemente superior, seguida das classes 4, 1 e 2, ressaltando que a classe 4 não mostra recuperação similar às demais ao final do dia. Baseado em Ferreira, Davide e Carvalho (1999), acredita-se que as reduções ocorridas no potencial hídrico da classe 1 e 2 deram-se em virtude das altas taxas transpiratórias apresentadas pelas plantas dessas classes. Taxas maiores para a transpiração permitem a manutenção de um menor potencial hídrico do tecido, favorecendo redução no  $\psi_f$ , e conseqüentemente estimulando a absorção de água retida a mais fortes tensões. Menores valores de potencial hídrico indicam que a planta está numa condição em que as células estão sofrendo desidratação do protoplasma, o que prejudica todos os seus processos vitais (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996; LARCHER, 2004). Comparando-se o gráfico do potencial hídrico foliar, pode-se observar que quanto menor o potencial de água na folha, maior a resistência dos estômatos, existindo uma relação direta desses fatores, o mesmo evidenciado por Pereira e outros (2006).

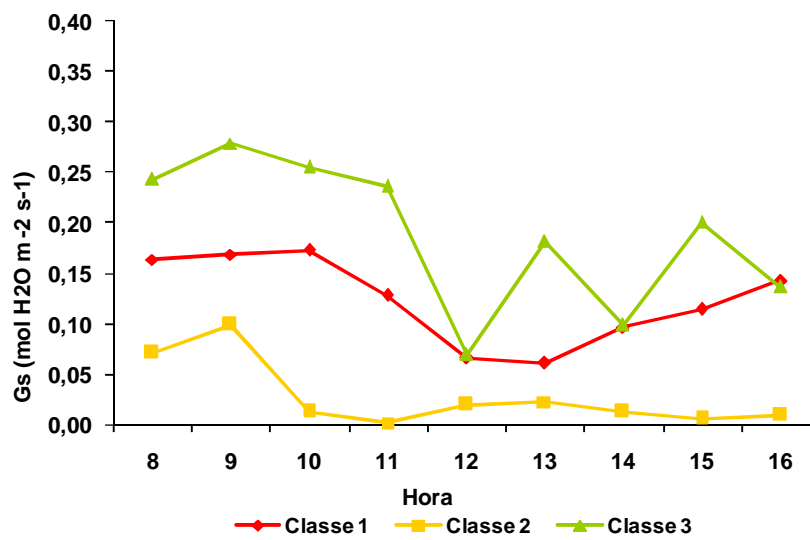
Na Figura 9 estão representados os comportamentos das trocas gasosas (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) e potencial hídrico foliar ( ) para as classes de plantas do clone 75, avaliadas em condições de viveiro.

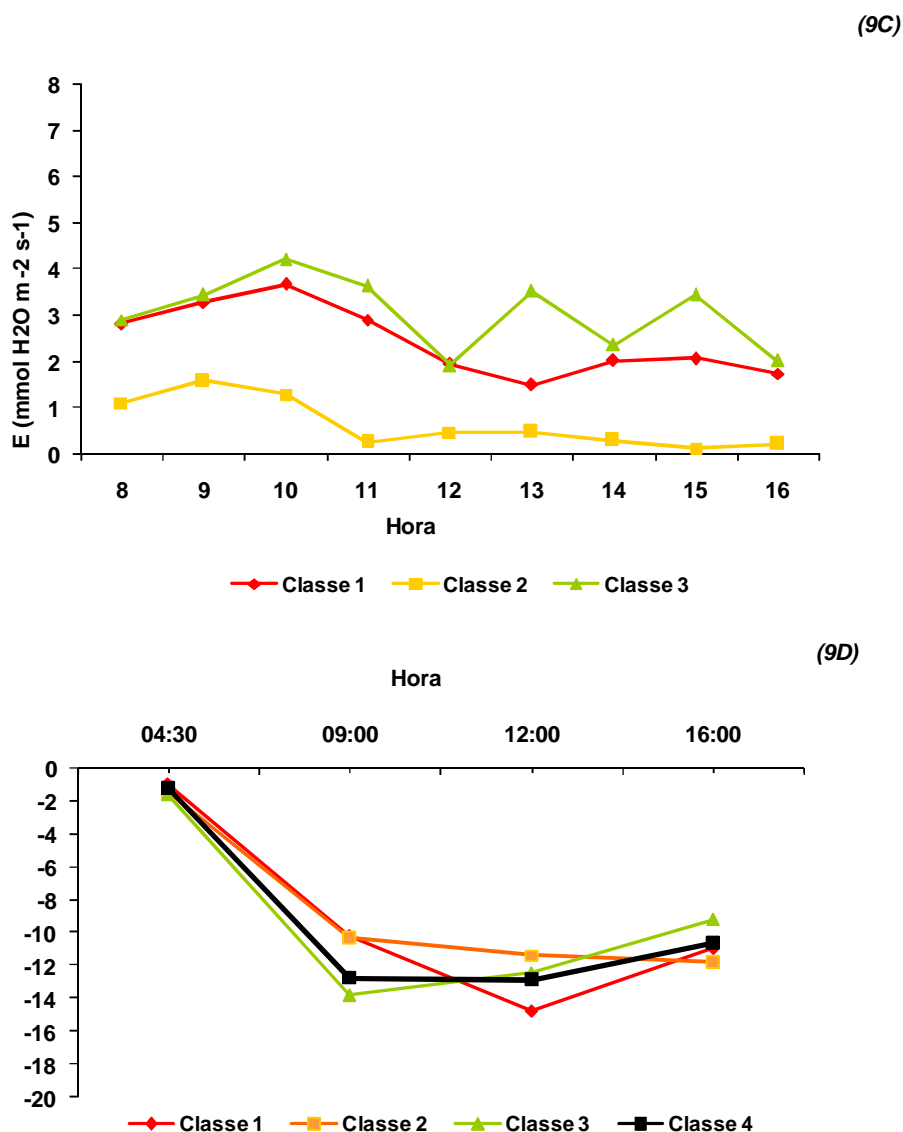


(9A)



(9B)





**Figura 9** - Fotossíntese líquida (A) (9A), condutância estomática (Gs) (9B), transpiração (E) (9C) e potencial hídrico foliar ( $\psi_f$ ) (9D), nas classes de mudas de eucalipto do clone 75, avaliadas em condições de viveiro.

Ao analisar o clone 75, verifica-se que as classes mostram resultados semelhantes para a fotossíntese (Fig. 9A), condutância estomática (Fig. 9B) e transpiração (Fig. 9C). Os menores valores dessas variáveis estão registrados para plantas da classe 2, a qual atinge valores baixíssimos após o fim da manhã, chegando próximo de zero ao final da tarde. A classe 3 apresenta melhor comportamento durante o período da manhã, com uma queda no período mais quente do dia e variação durante toda a tarde. A classe 1 mostra comportamento intermediário entre a classe

2 e 3, apresentando pouquíssima variação ao decorrer do dia, com uma pequena tendência de diminuição dos seus valores durante os horários mais quentes do dia. Segundo Pereira et al. (1992), a capacidade fotossintética das folhas é interpretada de acordo com a concentração de clorofila foliar, justificando assim o comportamento da classe 3. Porra e outros (1989), Chappelle e Kim (1992), citado por Rego e Possamai (2006), também afirmam que uma planta com alto teor de clorofila é capaz de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor potencial de captação de  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  na unidade de tempo, concordando com o verificado ao estudar o rendimento fotossintético das classes e também pela sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa,

A transpiração ocorre de acordo com as horas mais quentes do dia, nos horários mais quentes, com maior perda de água pelas plantas da classe 3. Segundo Pereira (2006), as maiores variações de transpiração ocorrem em plantas que não apresentam rustificação ideal e por isso perdem muita água até o fechamento dos estômatos. Para Silva (1998) e Ismael (2001), ao estudar mudas de *E. grandis* na fase de rustificação, a transpiração ocorre em taxas maiores para mudas com menor grau de estresse. Já as plantas das classes 1 e 2, perderam menos água, pois apresentam maior eficiência no fechamento dos estômatos. Essas variações na perda de água entre as horas mais quentes e menos quentes do dia, provêm de uma resposta menos eficiente dos estômatos a transpiração (Silva, 2003).

Os resultados de potencial hídrico verificados (Fig. 9D) mostram que durante todo o período avaliado não houve uma classe que apresentasse tendência de maior teor de água nas folhas. Para o período antemanhã não há diferenças nos comportamentos das classes. Observa-se que as 9h as classes 1 e 2 apresentam o maior potencial, ao meio dia há pequeno destaque para a classe 2, e menor valor para a classe 1. Porém, ao final da tarde, a classe 3 mostra uma maior reidratação das folhas. Lopes (2008), estudando mudas de 60 dias de idade, afirma que o potencial hídrico foliar depende do grau de hidratação das mudas durante a fase de rustificação e, segundo Menzies (1992), valores de potenciais hídricos são muito importantes para a sobrevivência e o crescimento das mudas no campo.

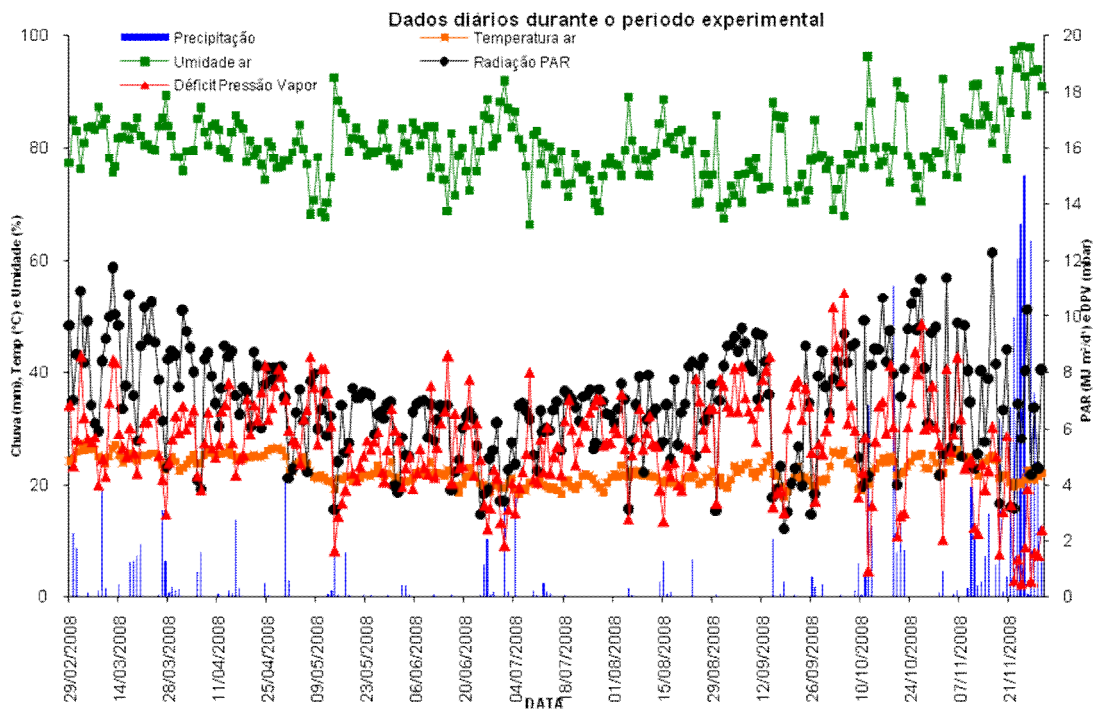
### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL

Na natureza, os fatores ambientais exercem grande influência sobre os vegetais, podendo causar alterações na capacidade produtiva. Elementos como: radiação solar incidente, umidade relativa do ar, temperatura do ar, precipitação e pressão descrevem as condições climáticas de uma região apta ou não ao cultivo de determinada espécie vegetal (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

A Figura 10 apresenta os valores quinzenais da precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor e umidade relativa média durante todo o período experimental (fevereiro a novembro de 2008). A precipitação total foi de 951,3 mm, sendo a maior parte concentrada nos meses de outubro e novembro de 2008 (144,5 mm e 517,7 mm, respectivamente) e nos meses da realização do plantio foi de 99,7 mm (fevereiro) e 43,4 mm (julho). O período experimental de maior escassez de chuvas ocorreu nos meses de junho e agosto. Os maiores valores de radiação PAR, com base em médias mensais, foram verificadas nos meses de fevereiro e outubro, com média de 20,6 e 20,0 MJ/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>, respectivamente, e os menores em junho e novembro com 12,5 e 13,1 MJ/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os maiores valores de DPV, baseados em médias mensais são observados nos meses de fevereiro e abril com 10,58 e 10,68 mbar, respectivamente, e os menores são observados nos meses de junho e novembro, com 9,01 e 6,05 mbar, respectivamente.

As maiores temperaturas foram registradas nos meses de abril e julho enquanto que as menores foram verificadas nos meses de junho e agosto. Em relação à umidade do ar, observa-se que os meses mais quentes foram março e abril, com umidade média em torno de 82 e 80%, respectivamente, e julho e setembro foram os meses mais úmidos, apresentando umidade em torno de 77 e 75%, respectivamente.



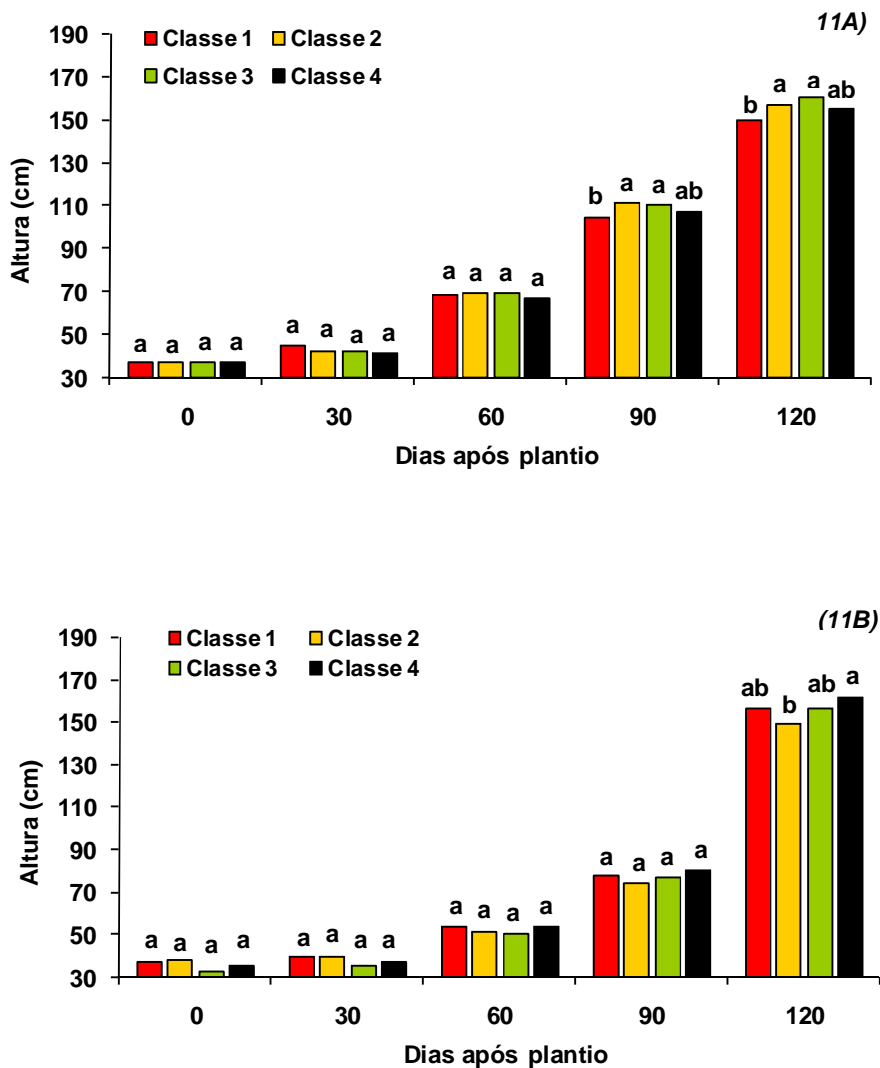
**Figura 10** - Valores médios quinzenais da precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor e umidade do ar, medidas na estação meteorológica automática durante o período experimental, entre fevereiro e novembro de 2008.

### 3.5 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO CRESCIMENTO DAS MUDAS NO CAMPO

Em relação à sobrevivência das mudas após o plantio no campo, não foi verificada mortalidade nem para as classes e nem para os clones, tanto para o plantio de mudas selecionadas durante o verão quanto para o inverno. Isso pode ser interpretado como resultado eficaz do controle realizado com relação a todas as práticas silviculturais, transporte das mudas para o campo e todos os outros fatores que, direta ou indiretamente, poderiam influenciar ou contribuir para o estabelecimento das mudas no campo e, também pela ocorrência de chuvas.

Quanto ao crescimento das plantas no campo, é mostrado na Figura 11, conforme análise de variância em anexo, as médias de altura da parte aérea das classes de

mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno para plantio no campo.



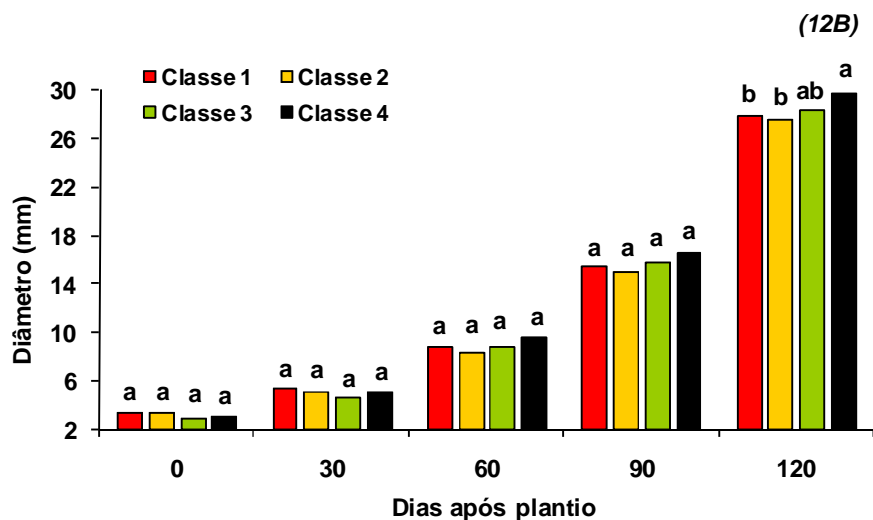
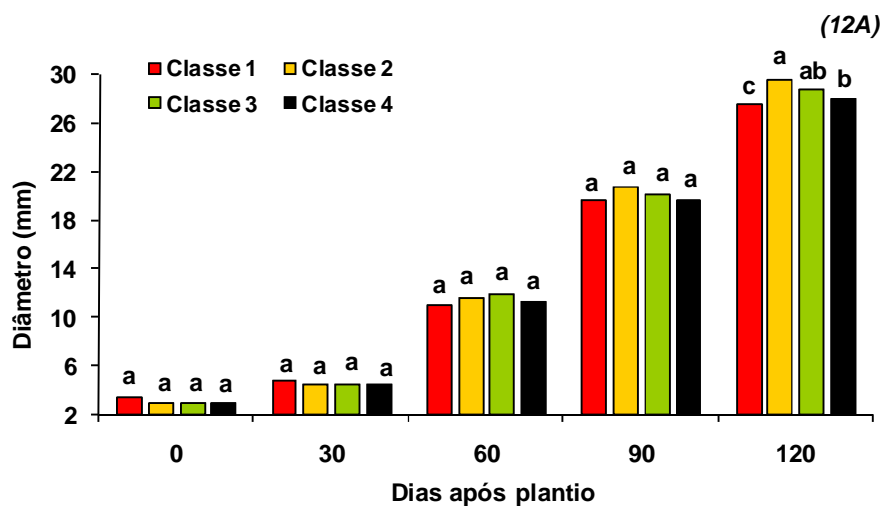
**Figura 11** - Crescimento da parte aérea de plantas do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 11A) e o inverno (Fig. 11B).

Com relação ao plantio das mudas selecionadas no verão (Fig. 11A), constata-se que as plantas do clone 11 apresentam diferença significativa de crescimento em altura no campo somente a partir dos 90 dias de plantio, mantendo o mesmo comportamento aos 120 dias, onde se evidencia que as classes 2 e 3 sobressaem-se quando comparadas à classe 1. Esses resultados revelam que para plantios realizados durante o verão, existem diferenças entre as tonalidades das copas das

mudas, porém, mudas avermelhadas, que normalmente são consideradas mudas com maior grau de rustificação pela maioria dos viveiristas, não apresentam o melhor crescimento em altura, durante a fase de estabelecimento no campo.

No plantio das mudas selecionadas no inverno (Fig. 11B), observa-se diferença estatística somente aos 120 dias de plantio e entre as classes 2 e 4, tendo a classe 2 apresentado menor crescimento quando comparada à classe 4. Evidencia-se dessa forma, que para plantios de mudas desse clone selecionadas no inverno, não são encontrados no campo resultados satisfatórios da classificação das mudas de acordo com a tonalidade das copas, quando se trata do crescimento em altura.

Na Figura 12 é mostrado, conforme análise de variância apresentada em anexo, as médias de diâmetro da base do caule, das classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno para plantio no campo.



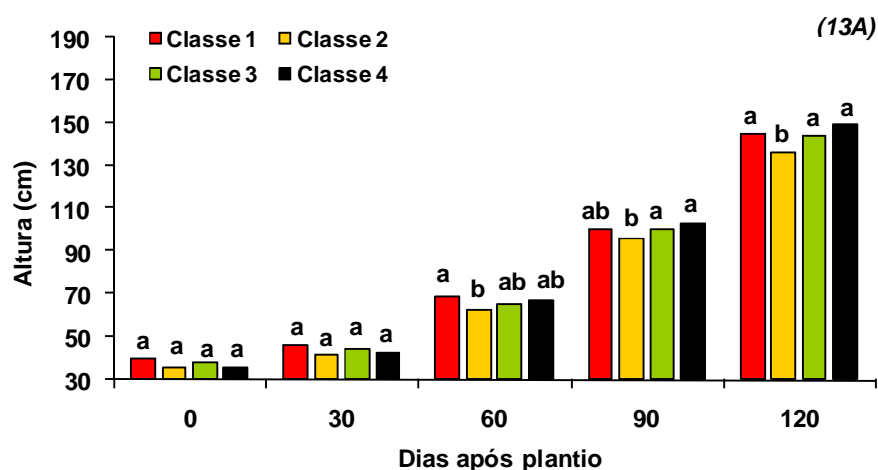
**Figura 12** - Crescimento em diâmetro da base do caule de plantas do clone 11, em cada tempo de avaliação, em função de cada classe, após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 12A) e o inverno (Fig. 12B).

Para o crescimento em diâmetro de mudas selecionadas no verão (Fig. 12A), são observadas diferenças significativas entre as classes somente aos 120 dias de plantio no campo, onde a classe 1 apresenta crescimento significativamente inferior às demais classes, evidenciando que para o crescimento em diâmetro, mudas avermelhadas não se comportam como as mais rustificadas e com melhor desenvolvimento no campo, contrastando dessa forma com a opinião da maioria dos viveiristas.



Para o inverno, na mesma época de avaliação (Fig. 12B), verifica-se que a classe 4 apresenta melhor crescimento em diâmetro no campo quando comparada às classes 1 e 2, evidenciando assim, a pouca existência de efeitos no campo, para este clone, da classificação das mudas de acordo com a tonalidade das copas.

Na Figura 13 é apresentada, conforme análise de variância apresentada em anexo, as médias de crescimento, no campo, da altura da parte aérea de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas no viveiro durante o verão e o inverno.



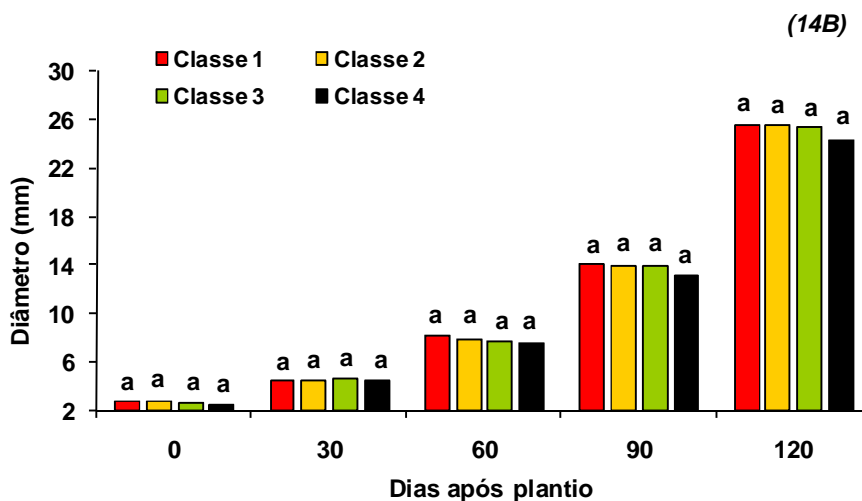
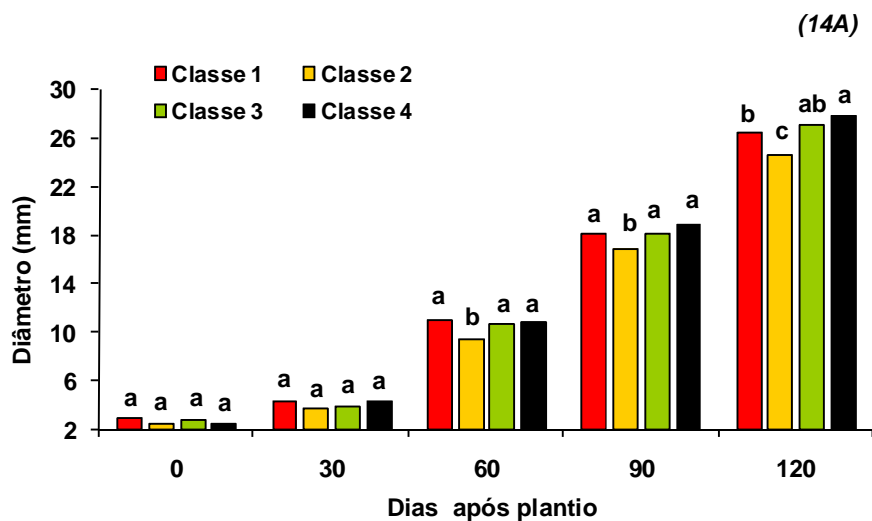
**Figura 13** - Crescimento da parte aérea de plantas do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 13A) e o inverno (Fig. 13B).

Em relação ao crescimento em altura no campo para as classes de mudas do clone 75, selecionadas no verão (13A), registrou-se diferenças significativas aos 60 dias de plantio. Portanto aos 120 dias, verificou-se diferença somente em relação as classe 2, a qual mostra crescimento inferior às demais classes. Portanto, pode-se afirmar que não existem efeitos significativos do crescimento em altura da parte aérea no campo, da classificação da tonalidade das copas das mudas deste clone, selecionadas durante o verão.

Para o plantio de mudas selecionadas no inverno (Fig. 13B), os resultados mostram a existência de diferenças das classes 1 e 2 em relação à classe 4, a partir dos 120 dias após plantio. Dessa forma, pode-se dizer, que para mudas desse clone,

selecionadas no inverno, existe um melhor desempenho em altura, para as mudas avermelhadas e amareladas quando comparadas a mudas esverdeadas (classe 3) ou que não são submetidas à classificação da tonalidade das copas (classe 4).

Na Figura 14 é apresentada, conforme análise de variância em anexo, as médias de crescimento no campo, do diâmetro da base do caule de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas no viveiro durante o verão e o inverno.



**Figura 14** - Crescimento em diâmetro da base do caule de plantas do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 14A) e o inverno (Fig. 14B).

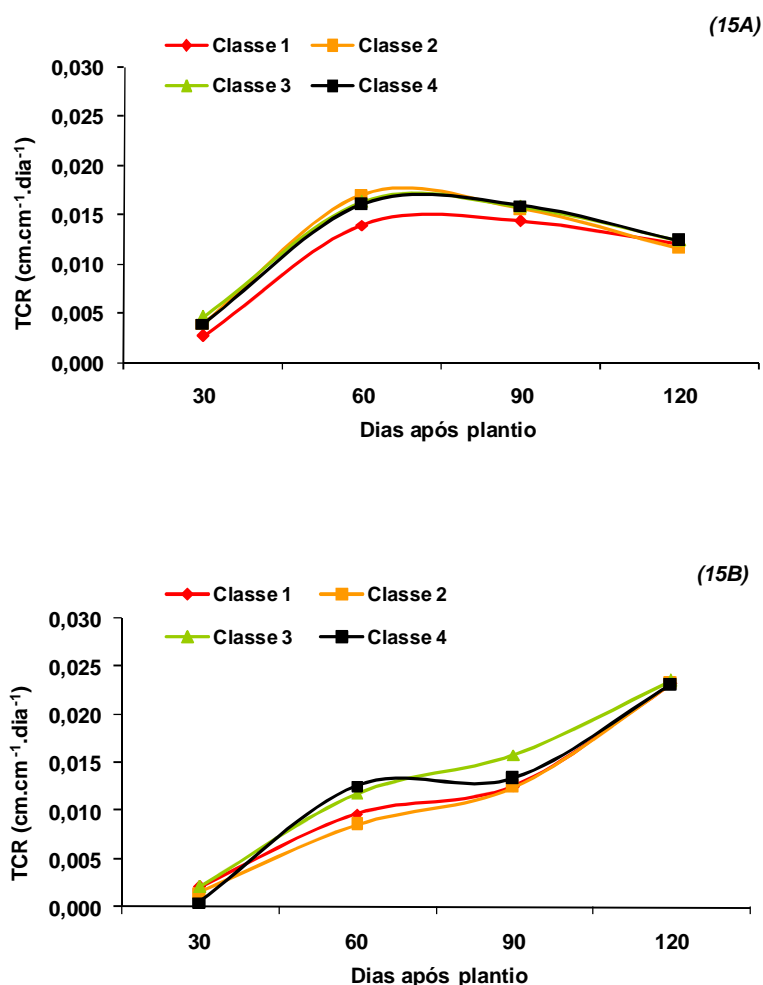
O plantio de mudas selecionadas no verão (Fig. 14A) mostra que para o crescimento em diâmetro, assim como constatado para altura, as classes 1 e 2 não apresentam efeitos satisfatórios de crescimento quanto a classe 4, pelo menos no período de estabelecimento no campo.

Para o plantio de mudas selecionadas no inverno (Fig. 14B), para o crescimento em diâmetro não é verificada diferença estatística entre as classes em nenhuma das

épocas de avaliação, não relatando assim efeito da classificação da tonalidade das copas das mudas para plantio.

A diferença registrada tanto para crescimento em altura como para diâmetro, aos 60 dias de plantio, entre as classes de mudas de ambos os clones selecionadas no verão, pode justificar-se devido ao fato de ter-se registrado uma maior precipitação em relação ao plantio das mudas selecionadas no inverno, no momento do plantio e no mês subsequente.

Na Figura 15 são apresentadas as médias da taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea, para as classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno, para plantio no campo. A TCR pode ser considerada um índice de eficiência, uma vez que representa a capacidade da planta em produzir material novo, o que é visualizado por um incremento de uma medida já existente, em um determinado intervalo de tempo.



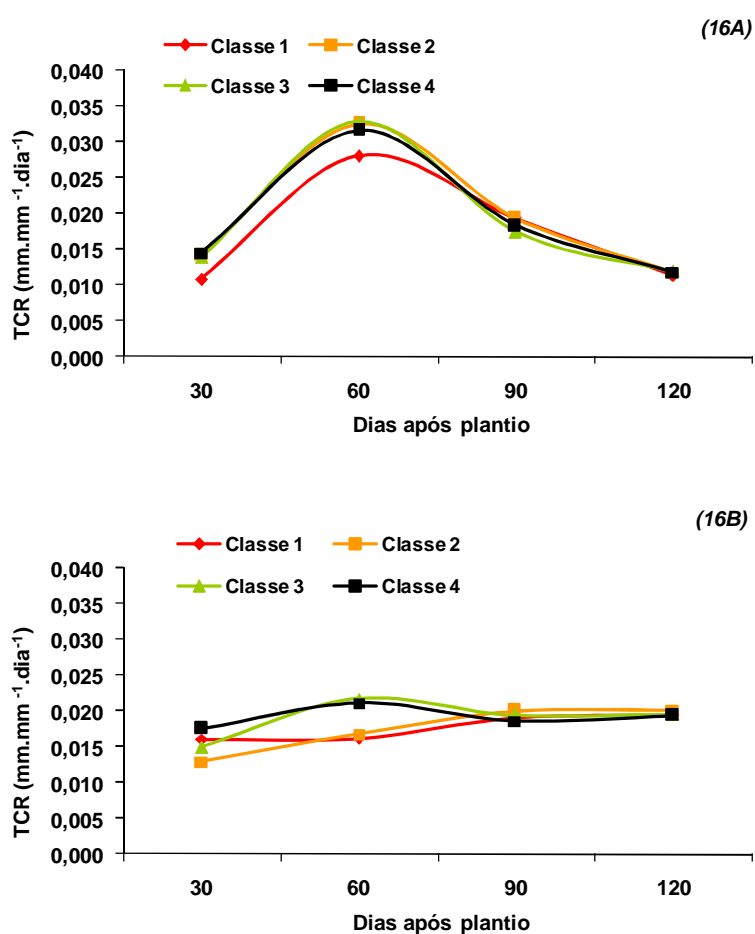
**Figura 15** - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 15A) e o inverno (Fig. 15B).

Em relação à TCR, verifica-se que no plantio de mudas selecionadas no Verão (Fig. 13A) as classes 2, 3 e 4 são mais semelhantes entre si e ambas diferentes da classe 1, a qual apresenta menor comportamento até os 90 dias de avaliação. Porém, a partir dos 90 dias, devido à escassez de chuvas, há uma redução da TCR para todas as classes e as classes 2, 3 e 4 igualam-se a classe 1, aos 120 dias de plantio.

Para a TCR das mudas selecionadas no inverno (Fig. 13B), todas as classes apresentam baixo desenvolvimento no primeiro mês de plantio, o que pode ser justificado devido à baixa precipitação na época do plantio, com crescimento acentuado a partir dos 30 dias de plantio, devido ao aumento da precipitação

pluviométrica, mantendo-se superiores quando comparadas ao plantio das mudas selecionadas no verão, e iguais entre si ao final do período de avaliação, com pequeno destaque para a classe 3 que apresenta maior superioridade de crescimento em condições de maior precipitação.

Na Figura 16 são apresentadas as médias da taxa de crescimento relativo do diâmetro da base do caule, para as classes de mudas de eucalipto do clone 11, selecionadas durante o verão e o inverno, para plantio no campo.



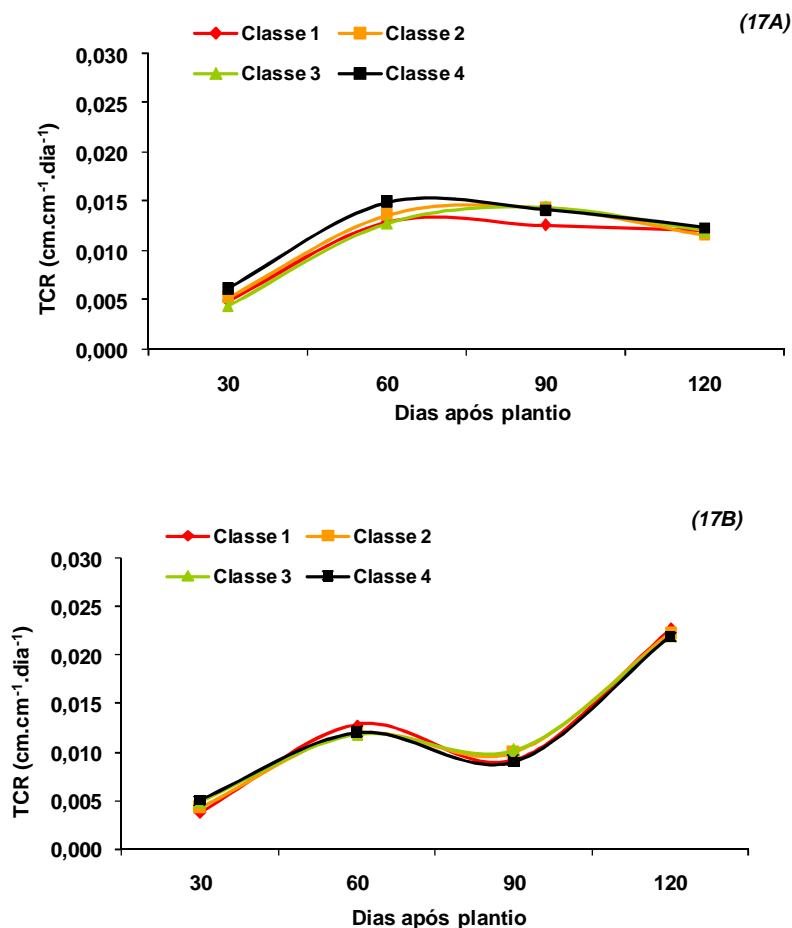
**Figura 16** - Taxa de crescimento relativo (TCR) para diâmetro da base do caule de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 16A) e o inverno (Fig. 16B).

Em relação à TCR do diâmetro da base do caule, verifica-se que para o plantio de mudas selecionadas no verão (Fig. 16A), que todas as classes apresentam um pico

de crescimento aos 60 dias, com destaque para as classes 2, 3 e 4, seguido de um declínio até os 120 dias de avaliação, onde há um equilíbrio de todas as classes, conforme o observado para a TCR da altura da parte aérea.

Para o inverno (Fig. 16B), aos 30 dias, a classe 4 destaca-se no arranque inicial no campo, seguida pela classe 1, 3 e 2. Aos 60 dias há um declínio da classe 1 com recuperação aos 90 dias e aos 120 dias há uma estabilização para todas as classes. Esse comportamento diferencia-se do comportamento apresentado para a altura da parte aérea desse mesmo clone, não mostrando grande influência do aumento da precipitação no crescimento do caule. Vale ressaltar também, que apesar das mudas da classe 1, desse clone, terem apresentado maior capacidade em realizar fotossíntese no momento do plantio, não foi evidenciado maior crescimento no campo para essa classe

Na Figura 17 são apresentadas as médias da taxa de crescimento relativo da altura da parte aérea de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas no verão e no inverno, para plantio no campo.

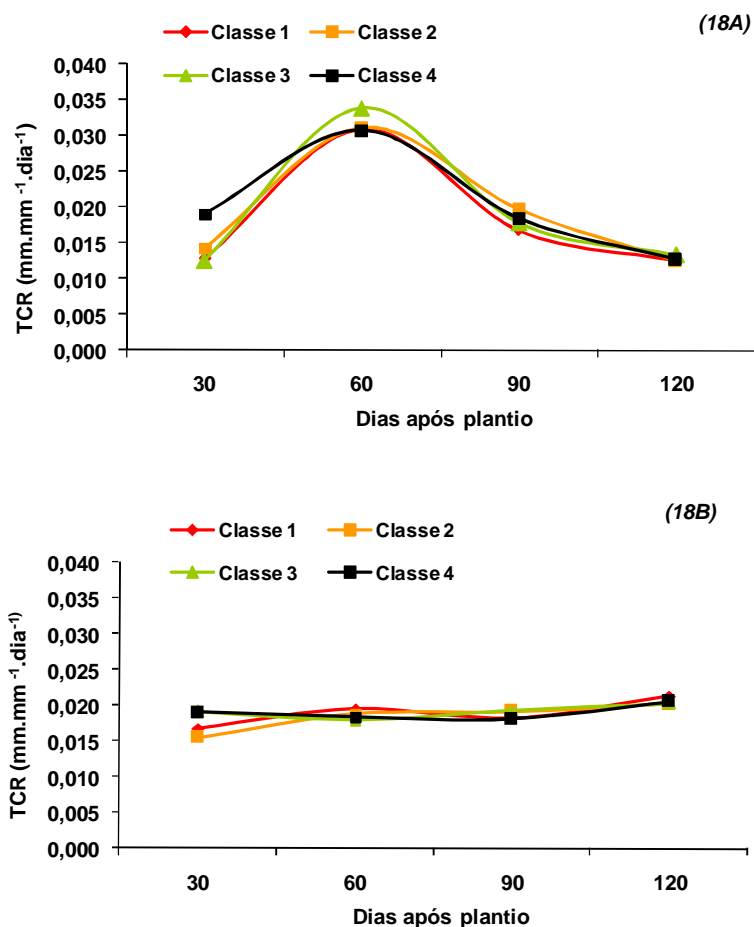


**Figura 17** - Taxa de crescimento relativo para altura da parte aérea de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 17A) e o inverno (Fig. 17B).

A TCR da altura de mudas selecionadas no verão (Fig. 17A) mostra uma pequena superioridade da classe 4 até os 90 dias de avaliação, seguida de um pequeno declínio e igualamento com as outras classes. Para o inverno (Fig. 17B), pode-se concluir que praticamente não há diferenças entre as classes para nenhum dos períodos avaliados, mostrando um pico de crescimento aos 120 dias de plantio, reflexo da grande precipitação ocorrida.

Na Figura 18 são apresentadas as médias da taxa de crescimento relativo do diâmetro da base do caule de mudas de eucalipto do clone 75, selecionadas no verão e no inverno, para plantio no campo.





**Figura 18** - Taxa de crescimento relativo para diâmetro da base do caule de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para plantas selecionadas durante o verão (Fig. 18A) e o inverno (Fig. 18B).

Para o diâmetro, pode-se notar a existência de variação no comportamento do clone em relação à seleção das mudas nas duas sazonalidades. Durante o verão (Fig. 18A), aos 30 dias, observa-se melhor crescimento para a classe 4. Aos 60 dias há um pico de crescimento para todas as classes, mas com destaque para a classe 3 e a partir dessa avaliação um declínio em todas as classes com uma equiparação aos 120 dias. Esse declínio pode ter sido em função da menor disponibilidade de chuvas nessa época. Para o inverno (Fig. 18 B), também têm um pequeno destaque a classe 4 aos 30 dias com um declínio aos 60 dias, igualando as demais classes aos 90 dias avaliação.

## 4 CONCLUSÕES

Vários parâmetros de padrão de rusticidade, utilizados de forma subjetiva pelos viveiristas, foram quantificados no viveiro e avaliados no campo. Foram verificadas diferenças entre clones para os diferentes parâmetros estudados. Ambos os clones apresentam correlação da tonalidade das copas com o índice de clorofila foliar, para cada classe de muda selecionada, tanto no verão quanto no inverno.

Classes de índice de clorofila não apresentam diferenças significativas quanto a carboidratos, sendo diretamente proporcional ao teor de proteínas, fotossíntese, transpiração, condutância estomática e potencial hídrico.

Em condições meteorológicas adequadas, a sobrevivência das mudas após o plantio no campo atinge índice de 100%, tanto para as classes quanto para os clones, no verão e no inverno.

O clone 11, aos 120 dias de plantio, apresenta menor crescimento em altura para mudas da classe 1, selecionadas no verão e, no inverno são encontradas diferenças em altura somente da classe 4 em relação à classe 1. Para o diâmetro da base do caule, de mudas selecionadas no verão, a classe 1 apresenta desempenho inferior, assim como para a altura, e para classes de mudas selecionadas no inverno, também não é significativo o plantio de mudas classificadas pela tonalidade das copas e índice de clorofila foliar.

O clone 75, aos 120 dias de plantio, apresenta menor crescimento em altura da parte aérea somente para a classe 2, de mudas selecionadas no verão e no inverno, a classe 4 apresenta desempenho inferior, revelando ganhos de crescimento quando se utilizam mudas avermelhadas e amareladas para o plantio desse clone.

Para o diâmetro da base do caule de mudas selecionadas no verão, a classe 4 apresenta-se superior às classes 1 e 2 e de mudas selecionadas no inverno, o crescimento em diâmetro não é significativo para o plantio de mudas classificadas pela tonalidade das copas e índice de clorofila foliar.

Desta forma, alguns parâmetros de rusticidade obtidos através das medições quantitativas da parte aérea do broto da muda, em mudas pré-selecionadas pela operação para a expedição para o plantio no campo, não apresentam diferenças significativas em crescimento inicial no campo, não sendo suficientes para expressar a sobrevivência e adaptabilidade das mudas no campo, em condições meteorológicas adequadas durante o período de estudo. Por outro lado, constata-se a existência de indicadores de rusticidade que podem ser recomendados, operacionalmente, para assegurar a uniformidade do crescimento vegetativo das mudas no campo.

## 5 REFERÊNCIAS

- BAKER, N.R. A possible role for Photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. **Physiol. Plant**, Universidad de Sevilla, Apartado, 81, p. 563-570, 1991.
- BARBER, J.; ANDERSON, B. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. **Trends in Biochemical Science**, 17, p. 61-66, 1992.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al.. Chlophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation **Functional Ecology**, 3, p. 497, 1989. **Functional Ecology**, 3, p. 497, 1989.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plant**. Rockville, Maryland: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451p.
- COSTA, G. F. da; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 229-234, 2007..
- CRANSWICK, A. M.; ROOK, D. A.; ZABKIEWICZ, J. A. Seasonal changes in carbohydrate concentration and composition of different tissue types of *Pinus radiata* trees. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 17, n. 2/3, p. 229-245, 1987.
- FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, R. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.
- FORCE, L.; CRITCHLEY, C.; VAN RENSEN, J. J. S. New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants 1. The effect of illumination on the fluorescence parameters of the JIP-test. **Photosynthesis Research**, 78, p. 17-33, 2003.
- FURLANI JÚNIOR, E. et al. Correlações entre leituras de clorofila e doses de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, p. 171-175, 1996.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309-350.
- HAEHNEL, W. et al. Picosecond fluorescence kinetics and transfer in chloroplast and algae. **Biochemistry and Biophysical Acta**, Amsterdam, v. 680, n. 1, p. 161-173, jan. 1982.

INOUE, M.T.; RIBEIRO, F. A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, v. 40, p. 15-20, 1988.

ISMAEL, J. J. Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN). 2001. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) . Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KLAR, A. E. Evapotranspiração. In: \_\_\_\_\_. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1984.

KOSLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of Woody plants**. 2. ed. San Diego: [s.n.], 1996. 411 p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology: Plant Molecular Biology**, Boca Raton,, n. 42, p. 313-349.

KUTIK, J., et al. Chloroplast ultrastructure of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated in normal and elevated CO<sub>2</sub> concentrations with two contrasted nitrogen supplies. **Journal of Experimental Botany**, Local , v. 53, n. 370, p. 773-787, 1995.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004. 531p.

LAWLOR, D. W. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 370, p. 773-787, 2002.

LAZA, R. C.; BERGMAN, B.; VERGARA, B. S. Cultivar differences in growth and chloroplast ultrastructure in rice as affect by nitrogen. **Journal of Experimental Botany**, 44, 1643-1648, 1993.

LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos**. 2008. 171 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) . Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319 p.

MCNABB, K. L. **The relationship of carbohydrate reserves to the quality of bare-root *Pinnus elliottii* var. *elliottii* (Engelm.) seedlings produced in a northern Florida nursey**. 1985. 145 f. Tese (Doutorado), Florida University, Florida, 1985.

MENZIES, M. I. Seedling quality and seedling specifications of radiata pine. **Forestry Abstracts**, v. 53, p. 1196, 1992.

NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verde no campo sujo e ser rado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 12, n. 2, p. 119-134, 2000.

NUNES, M. A.; RAMALHO, J. C.; DIAS, M. A. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal Experimental Botany**, 262, p. 893-899, 1993.

ORT, D. R.; BAKER, N. R. A photoprotective role for O<sub>2</sub> as an alternative electron sink in photosynthesis Curr. Opin. **Plant Biol.**, 5, p. 193-198, 2002.

PENCHEL, R. M. et al. **Recomendação técnico-operacional do padrão de qualidade de mudas clonais de eucalipto**: instrução normativa da Aracruz Celulose, Documento CPT-P2005-05-2007, 7 de dezembro de 2007. Local: Editora, ano. 8 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

PEREIRA, J. S. et al. Photosynthetic capacity of leaves of *Eucalyptus globulus* (Labill.) growing in the field with different nutrient and water supplies. **Tree Physiology**, v. 11, p. 381-389, 1992.

PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 518-531, 2006.

POTAFÓS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1998. 177 p.

REGO, G. da M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial de Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal - Embrapa Florestas**, n. 53, p. 179-194, 2006.

REIS, A. R. et al. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio através da avaliação pelo medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v. 65, p. 163-171, 2006.

SANTOS, T. S. et al. Utilização do clorofilômetro como ferramenta auxiliar na fertirrigação nitrogenada no cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí). In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP 15., 2003, Marília. **Resumos**. 1 CD-ROM.

SILVA, M. R. da. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) . Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) . Programa de Pós-Graduação em ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Seja o doutor do seu eucalipto. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, SP, v. 12, p. 1-32, 2001

TORRES, A. G. M. Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais - Manejo de Florestas de Produção) . Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2003.

VERHOEVEN, A. S.; DEMMING-ADAMS III, W. W. Enhanced employment of the xanthophylls cycle and thermal energy dissipation in spinach exposed to high light and N stress. **Plant Physiology**, 113, p. 817-824, 1997.

ZANANDREA, I. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 157-161, 2006.

## CAPÍTULO 2

### **CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO CAULE, MORFOANATOMIA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS RELAÇÕES COM O CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO**

#### **RESUMO**

### **CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO CAULE, MORFOANATOMIA E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO E SUAS RELAÇÕES COM O CRESCIMENTO INICIAL NO CAMPO.**

O objetivo deste presente trabalho foi caracterizar a força de resistência à tração do caule principal do broto, a morfoanatomia e os teores de lignina e celulose caulinar de mudas de dois clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, na fase de expedição, e suas relações com o crescimento no campo. O estudo foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, na região litorânea do Estado do Espírito Santo, com utilização de mudas produzidas por miniestaquia apical, em tubetes de 53 cm<sup>3</sup> com substrato orgânico e realizado de forma integrada em três etapas: (1) viveiro: após a seleção das mudas pela operação para a expedição, realizou-se a seleção qualitativa e quantitativa das mudas de acordo com classes de diferentes amplitudes de resistência à força de tração do caule; (2) laboratório: foram realizadas as análises de lignina e celulose e, a caracterização morfoanatômica; e (3) campo: correspondeu ao plantio e avaliações quanto à sobrevivência, à altura da parte aérea e ao diâmetro da base do coleto aos 0, 30, 60 e 90 dias de plantio. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do *software* SAEG 9.1. Observou-se correlação direta das classes de força de resistência à tração do caule com o diâmetro do coleto e diâmetro a 7,5 cm do coleto e não foram verificadas diferenças entre a força de resistência à tração do caule com percentuais de lignina e celulose caulinar, para ambos os clones. A caracterização morfoanatômica mostra que a força de resistência à tração do caule está diretamente relacionada às áreas de xilema e floema. Em condições meteorológicas adequadas, o índice de sobrevivência é máximo em todas as classes de mudas de ambos os clones. O clone 11 apresenta diferença estatística significativa de



crescimento em altura da parte aérea e diâmetro da base do caule aos 90 dias de plantio, somente para a classe de mudas intermediárias e testemunha. Para o clone 75 não são evidenciadas diferenças estatísticas significativas quanto ao desempenho inicial no campo entre nenhuma das classes de força de resistência à tração do caule.

**Palavras-chave:** Mudanças. Clones. Eucalipto. Resistência do caule. Crescimento.

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF THE RESISTANCE FORCE TO THE TRACTION OF THE STEM, AND MORPHO-BIOCHEMICAL PARAMETERS OF MINICUTTING AND ITS RELATIONSHIP WITH THE INITIAL GROWTH IN THE FIELD

The objective of this study was to characterize the resistance force to the traction of the main stem of the bud, the morpho-anatomy and contents of lignin and cellulose stem of cuttings of two hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, during the expedition, and their relations with the growth in the field. The study was conducted at Aracruz Celulose SA, Aracruz, in the coastal region of Espírito Santo, using cuttings produced by apical minicutting in tubes of 53 cm<sup>3</sup> with organic substrate and carried out in an integrated manner in three stages: (1) nursery: after selecting of the cuttings by operation to the expedition, there was a qualitative and quantitative selection of cuttings according with the classes of different degrees of extension of resistance force to the traction of the stem, (2) laboratory: were held analysis of lignin and cellulose, and the anatomical characterization, and (3) field, corresponded to the planting and assessments on the survival, shoot height and diameter of the base of the stem at 0, 30, 60 and 90 days of planting. The data were subjected to analysis of variance and, when significant tested with a 5% level of probability, through software SAEG 9.1. It was observed a direct correlation of class forces of resistance to the traction of the stem with the collar diameter and diameter at 7.5 cm of the collar and no differences were found between the resistance force to the traction of the stem with percentages of lignin and cellulose stem for both clones. The anatomical characterization shows that the resistance force to the traction of the stem is directly related to the areas of xylem and phloem. In appropriate weather conditions, the survival index is maximum in all classes of cuttings of both clones. The clone 11 shows a statistically significant increase in shoot height and diameter of the base of the stem 90 days after planting, only for the intermediate class of cuttings and control. For clone 75 are not seen significant difference in the initial performance in the field between any of the classes of resistance force to the traction of the stem.

**Keywords:** Cuttings. Clones. Eucalyptus. Resistance of the stem. Growth.

## 1 INTRODUÇÃO

A pesquisa brasileira no tocante à determinação da qualidade de mudas e sua influência nos primeiros anos sobre o desempenho do povoamento florestal ainda é considerada incipiente (CARNEIRO, 1995). Dentro dessa questão de qualidade da muda, um processo fundamental é o da rustificação, que tem por objetivo adaptar a muda para as condições de plantio no campo (SILVA, 1998).

Para a seleção das melhores mudas de eucalipto no processo de produção, pode ser utilizada uma série de indicadores, a fim de permitir um povoamento uniforme das áreas destinadas ao florestamento (KROLOW, 2007).

Informações sobre a correlação entre os diferentes parâmetros morfológicos e bioquímicos das mudas em viveiro permitirão selecionar a característica ou um grupo de características relacionadas à rusticidade, as quais serão úteis na avaliação do desempenho das mudas no campo. Logo, mais informações sobre essas possíveis correlações precisam ser obtidas a fim de alcançar maior eficiência no uso desses parâmetros de identificação do padrão de rusticidade, visando assim à obtenção de mudas de melhor qualidade para resistirem às condições adversas quando do plantio no campo.

Os parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas. Entretanto, conforme Gomes e outros (2002), existe ainda carência de uma definição mais acertada para responder às exigências quanto à sobrevivência e ao crescimento, determinadas pelas adversidades encontradas no campo após o plantio, ressaltando que Gomes e Paiva (2004) não recomendam apenas uma variável no processo de seleção das mudas.

Shimizu (1980), estudando mudas de *Pinnus elliottii* selecionadas no viveiro com base em altura e rigidez da haste (tomada de forma subjetiva), constatou que a seleção de mudas no viveiro, baseada nesses parâmetros, constitui um importante passo na formação de populações produtivas.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar a força de resistência à tração do caule principal do broto, a morfoanatomia e os teores de lignina e celulose caulinar, de mudas de eucalipto de dois clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na fase de expedição, e suas relações com o crescimento inicial no campo.

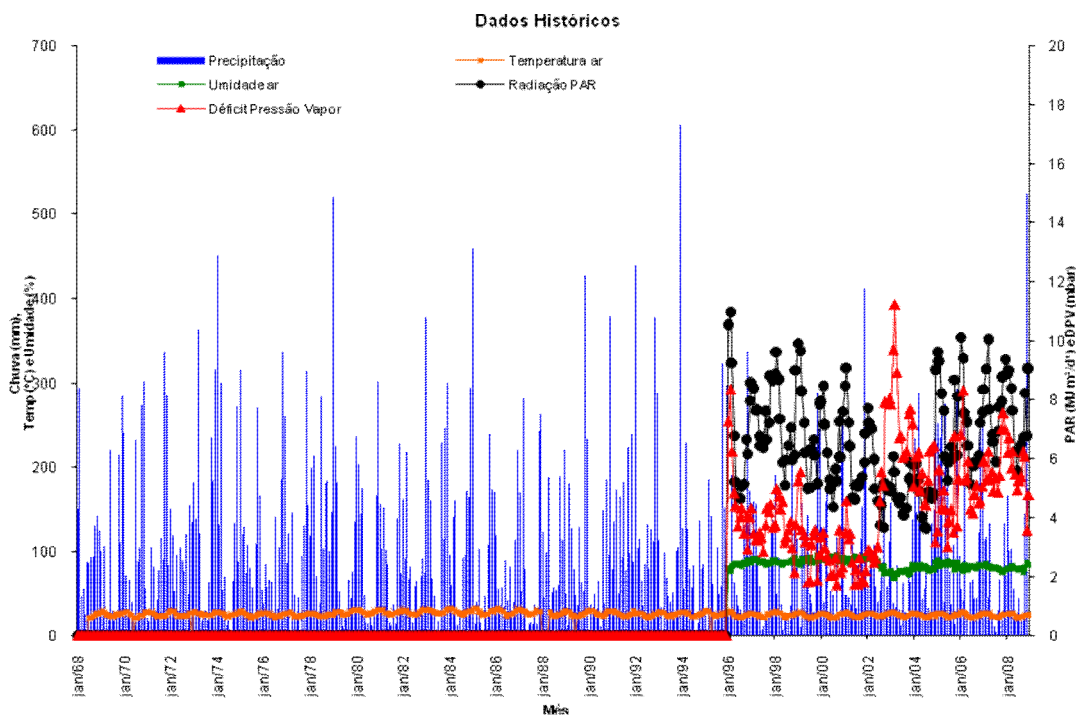
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, na região litorânea do Estado do Espírito Santo, localizada a 19°48' S de latitude e 40°17' W de longitude e 60 m de altitude média. De acordo com a classificação climática proposta por Köppen, a região apresenta clima tipo Am, caracterizada por clima tropical chuvoso, com chuvas de verão, inverno seco e temperaturas elevadas durante todo o ano.

A instalação do experimento foi realizada em uma área de plantio comercial da empresa, na regional Aracruz, sendo considerada área de reforma (5º ciclo) com plantio na entrelinha e localizada na latitude 19° 47' 04" S e longitude 40° 08' 25" W, com relevo plano e o solo do tipo Argissolo Amarelo Distrófico de textura média/argilosa.

O estudo foi realizado de forma integrada em três etapas: viveiro, laboratório e campo. A primeira etapa foi realizada na fase de expedição no viveiro e abordou a seleção das mudas de acordo com classes de diferentes amplitudes de resistência à força de tração do caule. Na segunda, foi realizada a análise laboratorial e, a terceira correspondeu à implantação no campo, caracterizada pelo plantio e avaliações subsequentes. O experimento foi implantado no mês de agosto de 2008 e finalizado em novembro do mesmo ano.

Na Figura 1 é mostrado um resumo histórico do comportamento de algumas variáveis climatológicas, como precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor (DPV) e umidade do ar, referentes à região de Aracruz, no Estado do Espírito Santo. Essas variáveis foram coletas através de uma estação meteorológica convencional (até 1995) e automática (a partir de 1996), ambas com equipamentos fornecidos pela Campbell Science, e localizadas no viveiro da empresa. O valor do DPV foi calculado segundo a equação proposta por Naves-Barbiero e outros. (2000).



**Figura 1** - Resumo histórico de valores anuais dos últimos 40 anos, para a precipitação pluviométrica, a radiação PAR, a temperatura, o déficit pressão de vapor (DPV) e a umidade do ar, medidas na estação meteorológica localizada no viveiro da empresa.

## 2.1 PRODUÇÃO DAS MUDAS

As mudas foram produzidas por meio de miniestacas, de tamanho variando entre 8 e 10 cm, retiradas da posição apical da brotação das minicepas, do jardim miniclinal, caracterizado como uma área implantada e manejada exclusivamente para produção de brotações para o viveiro, provenientes de dois clones híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*, denominados de clone 11 e 75 e, considerados no processo de rustificação do viveiro como sendo o mais fácil e o mais difícil, respectivamente, de serem rustificados.

O tipo de recipiente utilizado foi o tubete de polipropileno, com capacidade volumétrica de 53 cm<sup>3</sup>, modelo T-53/4, com quatro estrias. O substrato foi composto por uma mistura de 35% do volume, com vermiculita expandida tipo fina, 35% do volume com casca de arroz carbonizada e 30% do volume com fibra de coco. Nessa

mistura foram adicionados  $2,5 \text{ kgm}^{-3}$  de osmocote (19-06-10) microgranulado de liberação lenta e  $2,0 \text{ kgm}^{-3}$  de superfosfato simples.

Após o plantio das estacas, estas foram constantemente aspergidas com água, até serem transportadas para as casas de vegetação e acondicionadas por aproximadamente 20 dias, fase durante a qual ocorreu o enraizamento das estacas. Após esse período, realizou-se a retirada das folhas e/ou mudas mortas, e em seguida foram transferidas para as casas de sombra onde permaneceram por 10 dias até que se realizasse a 1ª seleção, buscando a aclimação das mesmas.

Após essa etapa, as mudas foram transferidas para as áreas de crescimento, onde permaneceram por aproximadamente 15 dias, até ocorrer o desenvolvimento da parte aérea das mudas. Após esse período, quando as mudas possuíam idade entre 45 e 50 dias, realizou-se a 2ª seleção das mudas, que teve por objetivo eliminar as folhas iniciais, raízes que ultrapassavam o tubete, deixando-se somente uma brotação por muda. Ocorreu também a abertura do espaçamento entre as mudas e uma classificação em três tamanhos: mudas grandes, médias e pequenas. Em seguida, as mudas foram transferidas para as áreas de rustificação.

Na rustificação elas permaneceram por um período de 25 a 60 dias, até atingirem o amadurecimento e as condições suficientes para sobreviverem no campo. Todo o processo de produção de mudas teve duração aproximada de 100 dias.

## 2.2 SELEÇÃO DAS MUDAS PARA CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES

As mudas, de ambos os clones, utilizadas no experimento, apresentavam idade aproximada de 100 dias e atendiam a todos os critérios exigidos para a expedição de acordo com as a norma do viveiro da empresa.

Para a definição das classes, realizou-se uma amostragem qualitativa e, posteriormente, uma amostragem quantitativa, em parte de um lote de mudas e, baseado na informação dessa amostragem, realizou-se a seleção das mudas em quatro classes quanto à força de resistência à tração do caule.

### 2.2.1 Seleção qualitativa

A seleção qualitativa das mudas foi realizada com base no tato dos funcionários que atuam na operação de seleção de mudas para a expedição. Nessa seleção, os funcionários classificaram em ambos os clones a força de resistência à tração manual do caule das mudas como de baixa, média, alta e mista (testemunha).

Na Tabela 1 é mostrada a seleção qualitativa realizada com base no tato, das classes de mudas quanto à resistência à tração do caule, para mudas de eucalipto dos clones 11 e 75.

**Tabela 1** - Seleção qualitativa baseada no tato, das classes de mudas quanto à força de resistência à tração manual do caule, para mudas de eucalipto dos clones 11 e 75

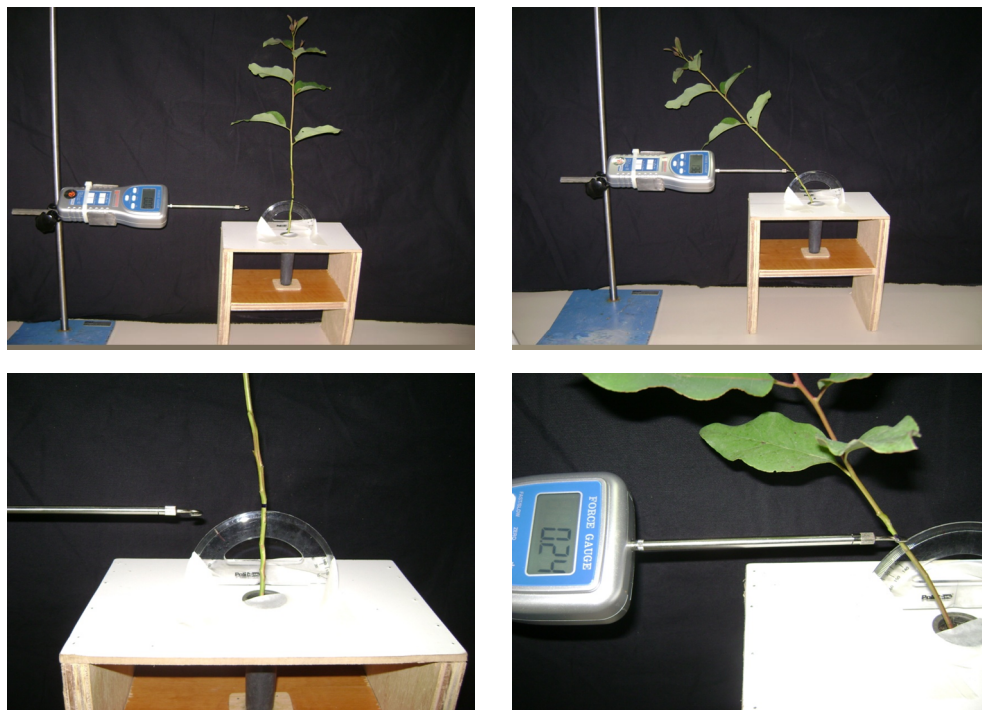
| Clones | Classes | Força de resistência à tração manual do caule |
|--------|---------|---|
| 11     | 1       | Baixa   |
|        | 2       | Média   |
|        | 3       | Alta  |
|        | 4       | Mista   |
| 75     | 1       | Baixa   |
|        | 2       | Média   |
|        | 3       | Alta  |
|        | 4       | Mista   |

### 2.2.2. Seleção quantitativa

Após a seleção qualitativa, as mudas foram selecionadas quantitativamente através da medição instantânea e direta da força de tração mecânica do caule, onde foram selecionadas quatro classes de diferentes amplitudes de resistência à força de tração do caule para cada clone, sendo as amplitudes das classes definidas de acordo com as médias e desvios-padrão obtidos nas amostragens realizadas. A



medição da força de tração mecânica do caule foi realizada através de dinamômetro digital portátil modelo DD-500, marca INSTRUTHERM. Para a medição, elaborou-se uma metodologia de uso, com adaptações para o equipamento, a fim de que atingisse o objetivo proposto, conforme mostrado na Figura 2.



**Figura 2** - Ilustração da adaptação da metodologia de uso do dinamômetro digital para a medição instantânea e direta da força de resistência à tração mecânica do caule.

As mudas foram medidas individualmente e considerando a mesma posição em cada uma delas, ou seja, a medição foi realizada a uma altura de 7,5 cm, contada a partir da superfície do substrato e submetida a uma determinada força de tração até atingir um ângulo de 40° de curvatura do eixo vertical do broto principal da muda, relativo ao eixo estacionário na vertical (0 graus), sendo essa força definida como a força de resistência à tração mecânica do caule. A determinação desses valores foi feita com base na realização de vários pré-testes e amostragens.

#### 2.2.2.1 Pré-testes e amostragens

Para a definição da metodologia foram realizados pré-testes para a determinação da altura na muda para aplicação da força e o respectivo ângulo de curvatura do eixo

vertical do broto. A princípio foram testadas três posições para a medição no caule, sendo elas 25%, 50% e 75% da altura da muda, sendo o equipamento mantido a uma distância fixa de 10 cm entre a ponta da haste do dinamômetro e o eixo vertical do broto da muda. Dessa forma, foram obtidas diferentes variações dos ângulos de curvatura do eixo vertical do broto da muda. De posse destes, foram consideradas as porcentagens de altura e os ângulos de curvatura que apresentaram melhores correlações com a força de resistência à tração mecânica do caule. Sendo assim, definiu-se que a medição seria realizada a uma altura de 7,5 cm, contada a partir da superfície do substrato e submetida a uma determinada força de tração até atingir um ângulo de 40° de curvatura do eixo vertical do broto principal da muda.

Após essa definição da metodologia a ser utilizada, realizou-se uma amostragem para a determinação das amplitudes das classes a serem adotadas. Para cada pré-teste utilizou-se uma amostragem composta por 1000 mudas.

## 2.3 MEDIÇÃO DO DIÂMETRO DO COLETO E DO DIÂMETRO A 7,5 CM DA BASE DO COLETO

Após a classificação qualitativa e quantitativa das mudas de cada clone, quantificou-se o diâmetro do coleto e o diâmetro a 7,5 cm da base do coleto das mudas de cada classe, através de um paquímetro digital marca Storreti.

## 2.4 ANÁLISE DOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS

### 2.4.1 Análise dos teores de lignina e celulose caulinar

Para a determinação química dos teores médios de lignina e celulose no caule do broto principal da muda, uma amostra composta por 3 repetições de 7 mudas cada foi utilizada para cada classe. Para o preparo da amostra, foi aproveitada apenas a secção do caule do broto da muda correspondente à posição onde foi realizada a medição da força de resistência à tração. Dessa forma, como a medição foi feita a altura de 7,5 cm do caule da muda, selecionou-se a secção corresponde a 3 cm

acima e 3 cm abaixo deste ponto totalizando assim uma secção de 6 cm do caule do broto principal de cada muda.

Após a coleta da amostra, o material foi picado, seco ao ar por um período de 7 dias, moído em moinho ultracentrifugado Retsch Modelo ZM 1000 e aclimatado por 24 horas. Em seguida, quantificou-se o teor de lignina e o teor de celulose (depurado) através de correlações das propriedades da madeira com os espectros obtidos nas predições realizadas via espectroscopia NIR, modelo 5000C, marca FOSS NIRSYSTEMS.

## 2.5 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA

A caracterização anatômica do caule principal do broto das mudas para cada classe foi realizada através da análise microscópica óptica. Para o preparo da amostra, foram feitos cortes histológicos transversais com auxílio de um micrótomo deslizante LEICA, marca SM 2000R, com espessura de 20  $\mu\text{m}$ . Os cortes foram realizados na mesma posição do caule onde foi medida a força de resistência à tração mecânica (aos 7,5 cm de altura da muda). Após o preparo dos cortes, realizou-se o tingimento, preparo e montagem das lâminas. As lâminas foram fotografadas e nas imagens foram realizadas as medições quanto à área do floema, área do xilema, área de medula, área total e % de xilema. Todo o procedimento foi realizado de acordo com a norma MT/TEC-003 - Revisão 06, contida no Manual de Ensaio do Laboratório de Microscopia, desenvolvido internamente pelo Centro de Pesquisa e Tecnologia da Aracruz Celulose S.A.

## 2.6 IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO NO CAMPO

Realizou-se controle de formigas antes e após o plantio em toda a área do experimento, utilizando-se 1,5 Kg/ha de isca granulada, 0,5 Kg/ha de porta isca de 10g e 1,5 Kg/ha de porta isca de 5 g.

As operações realizadas no preparo do solo para o plantio foram seguintes: capina química pré-plantio, eliminação química de brotação de cepas, 1º repasse a formiga, rebaixamento de toco, limpeza da linha de plantio, subsolagem com 80 cm de profundidade, eliminação de cepa, 2º repasse a formiga, adubação de plantio e plantio. Após o plantio, foi realizada a adubação de arranque, capina química pós-plantio, capina química pressurizada (pós-emergente).

Antes de serem enviadas a campo para plantio, as mudas foram previamente submetidas a uma aplicação de cupinícida Twister diluído em água com concentração de 300 g/ 100 L de água, via submersão das raízes. O plantio no campo foi realizado de forma semimecanizada através de matracas, com utilização de gel hidratado Stocksorb 500<sup>R</sup> microgranulado com dosagem de 3 g/ 500 ml de água/ cova, sem afogamento de colete, nos meses de fevereiro (seleção das mudas realizada no verão) e julho (seleção das mudas realizada no inverno) de 2008, em espaçamento de 3 x 2,5 (linha e entre linha, respectivamente). Dois dias após o plantio, as mudas receberam uma irrigação de aproximadamente oito litros de água por cova e 3 dias após o plantio uma adubação com aplicação de 120 g por cova da formulação granulada de NPK (06-30-06).

Adicionalmente, fez-se capina química pós-plantio, capina química pressurizada (pós-emergente). Durante todo o período experimental, as plantas daninhas foram rigorosamente controladas através de capinas semi-manuais em coroamento, não havendo necessidade de roçada mecânica na entrelinha de plantio.

## 2.7 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS NO CAMPO

Após o plantio no campo, as plantas foram avaliadas aos 0, 30, 60 e 90 dias quanto a sobrevivência, a altura da parte aérea e o diâmetro da base do caule.

A sobrevivência foi determinada através da contagem visual. A altura das plantas foi determinada a partir do colete até a gema apical com auxílio de uma régua telescópica graduada fabricada pela Aracruz Celulose S.A. e, o diâmetro da base do

caule foi determinado próximo à região do coleto por meio de um paquímetro digital marca Storreti.

## 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas 2 x 4 x 4, tendo nas parcelas um esquema fatorial de 2 x 4 (clones x classes) e nas subparcelas 4 tempos de avaliação (0, 30, 60 e 90 dias) num delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições e 25 plantas por parcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância através do Software SAEG 9.1 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas), e quando significativo, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA FORÇA DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO CAULE DAS MUDAS, DA MORFOANATOMIA E DOS TEORES DE LIGNINA E CELULOSE CAULINAR

Os resultados da classificação quantitativa da força de resistência à tração mecânica do caule das mudas, os valores médios do diâmetro do coleto, do diâmetro a 7,5 cm do coleto, do teor de lignina e do teor de celulose caulinar, encontrados para cada classe de mudas de eucalipto em cada clone, na fase de expedição para plantio no campo são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Classificação quantitativa da força de resistência à tração mecânica do caule das mudas e valores médios encontrados para o diâmetro do coleto (mm), o diâmetro a 7,5 cm do coleto (mm), o teor de lignina (%) e o teor de celulose (%) caulinar, encontrados para cada classe de mudas de eucalipto dos clones 11 e 75, na fase de expedição para plantio no campo

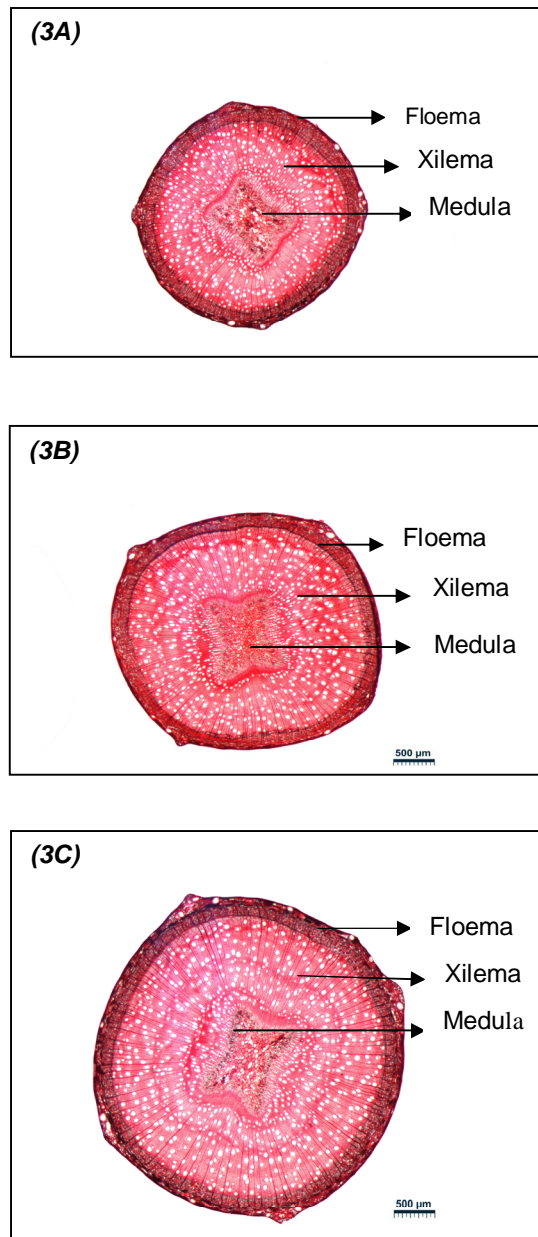
| Clones | Classes | Parâmetros                                      |                         |                                  |                     |                      |
|--------|---------|---|-------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|
|        |         | Força de resist. à tração mecânica do caule (N) | Diâmetro do coleto (mm) | Diâmetro a 7,5 cm do coleto (mm) | Teor de lignina (%) | Teor de celulose (%) |
| 11     | 1       | m0,92   | 3,50                    | 2,88                             | 26,49               | 47,69                |
|        | 2       | 0,93 - 1,75                                     | 3,91                    | 3,31                             | 26,82               | 47,03                |
|        | 3       | - 1,75  | 4,32                    | 3,61                             | 26,97               | 47,31                |
|        | 4       | -   | 3,87                    | 3,29                             | 27,06               | 47,22                |
| 75     | 1       | m0,25   | 3,19                    | 2,77                             | 27,61               | 46,97                |
|        | 2       | 0,26 - 0,74                                     | 3,37                    | 2,84                             | 27,27               | 46,91                |
|        | 3       | - 0,75  | 3,63                    | 3,10                             | 27,61               | 46,78                |
|        | 4       | -   | 3,29                    | 2,85                             | 27,15               | 47,06                |

Observando-se a tabela é possível notar que existe uma correlação direta ( $R^2 = 0,75$ ) das classes de força de resistência à tração do caule com o diâmetro do coleto e diâmetro a 7,5 cm do coleto, ou seja, quanto maior o diâmetro das mudas, maior a

resistência do caule quanto à curvatura ou inclinação do eixo vertical. Verifica-se também que as classes de mudas do clone 11 apresentam valores um pouco superiores às classes do clone 75, mostrando que existem elementos de resistência diferentes em ambos os clones.

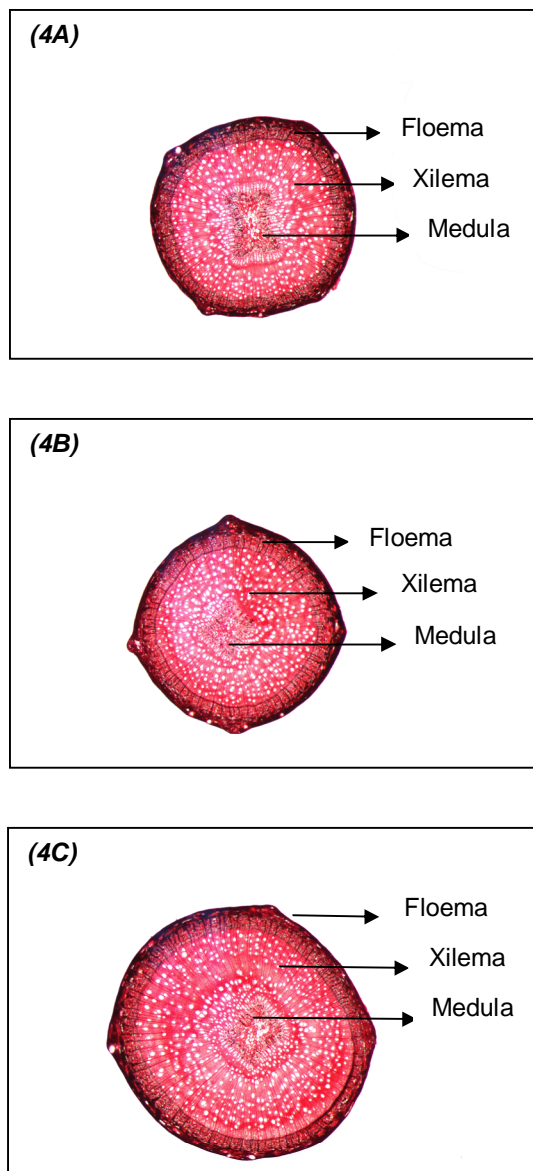
Em relação aos teores percentuais de lignina e celulose caulinar, observa-se que estes não apresentam relação com as classes de força de resistência à tração mecânica do caule. Esse resultado pode ser justificado devido ao fato, talvez, da diferença existir nos valores absolutos desses parâmetros e não nos valores de porcentagem (teores), como está quantificado, pois a porcentagem pode ser a mesma para todas as classes, mas cada classe pode apresentar valores diferentes de massa dos componentes, uma vez que o que difere de uma classe para outra é a quantidade de células a qual contribuirá para um caule mais flexível ou não.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas as caracterizações morfoanatômicas do caule das mudas, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule, para os clones 11 (Fig. 3) e 75 (Fig. 4).



**Figura 3** - Caracterização morfoanatômica do caule das mudas, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule, para o clone 11: classe 1 (3A), classe 2 (3B), classe 3 (3C).





**Figura 4** - Caracterização morfoanatômica do caule das mudas, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule, para o clone 75: classe 1 (4A), classe 2 (4B) e classe 3 (4C).

Os valores da área do floema, área de xilema, área da medula, área total e % de xilema, quantificados nas imagens da caracterização morfoanatômica de cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule das mudas, para os clones 11 e 75, são mostrados na Tabela 3. Observa-se que quanto maior a força de resistência à tração mecânica do caule apresentada pelas classes de mudas, maior

a área de xilema do caule. Isso era esperado, uma vez que o xilema é constituído por dois tipos de células: as traqueídes e os elementos de vaso, ambas ocas, cujas paredes são reforçadas por lignina (o que confere função de sustentação do vegetal) e apresentam poros através dos quais a seiva bruta flui para as células adjacentes.

**Tabela 3** - Valores em mm<sup>2</sup> da área do floema, área de xilema, área da medula, área total e % de xilema, quantificados nas imagens da caracterização morfoanatômica, para cada classe da força de resistência à tração mecânica do caule das mudas, para o clone 11 e 75

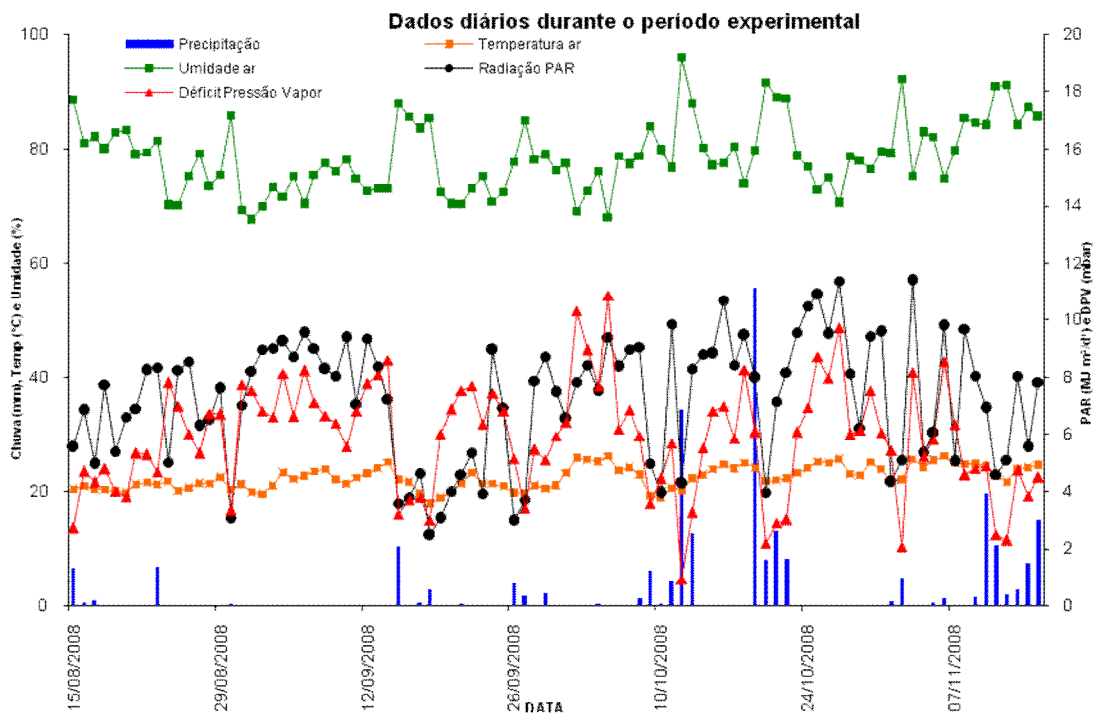
| Clones | Classes | Área do Floema (mm <sup>2</sup> ) | Área do Xilema (mm <sup>2</sup> ) | Área da Medula (mm <sup>2</sup> ) | Área Total (mm <sup>2</sup> ) | % Xilema |
|--------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------|
| 11     | 1       | 1,76                              | 3,80                              | 0,44                              | 6,02                          | 63,2     |
|        | 2       | 2,15                              | 5,95                              | 0,52                              | 8,62                          | 68,9     |
|        | 3       | 2,75                              | 7,75                              | 0,60                              | 11,11                         | 69,7     |
| 75     | 1       | 1,92                              | 2,84                              | 0,38                              | 5,15                          | 55,1     |
|        | 2       | 2,08                              | 2,77                              | 0,23                              | 5,10                          | 54,4     |
|        | 3       | 2,62                              | 4,99                              | 0,31                              | 7,93                          | 63,0     |

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DURANTE O PERÍODO EXPERIMENTAL

O conhecimento das variáveis climáticas de determinado local é muito importante para a caracterização dos efeitos do meio ambiente, descobrindo os elementos críticos ou mesmo os limitantes de uma boa produtividade.

Conforme é mostrado na Figura 5, o período experimental apresentou precipitação pluviométrica total de 247,9 mm, sendo o maior valor verificado no mês de novembro (524,5 mm) e a maior escassez de chuvas ocorreu no mês de agosto, época da realização do plantio. O maior valor da radiação PAR, com base em médias mensais, foi verificado no mês de outubro com média de 8,3 MJ/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup> e o menor em agosto com 6,5 MJ/m<sup>2</sup>.dia<sup>-1</sup>. A maior temperatura foi registrada no mês de outubro, enquanto que a menor foi verificada em agosto. Em relação à umidade relativa, observa-se que o mês mais seco foi setembro, com umidade média em

torno de 75% e novembro foi o mês mais úmido, apresentando umidade média em torno de 87%. O maior DPV é observado no mês de setembro (6,22 mbar) e o menor no mês de novembro (3,57 mbar).

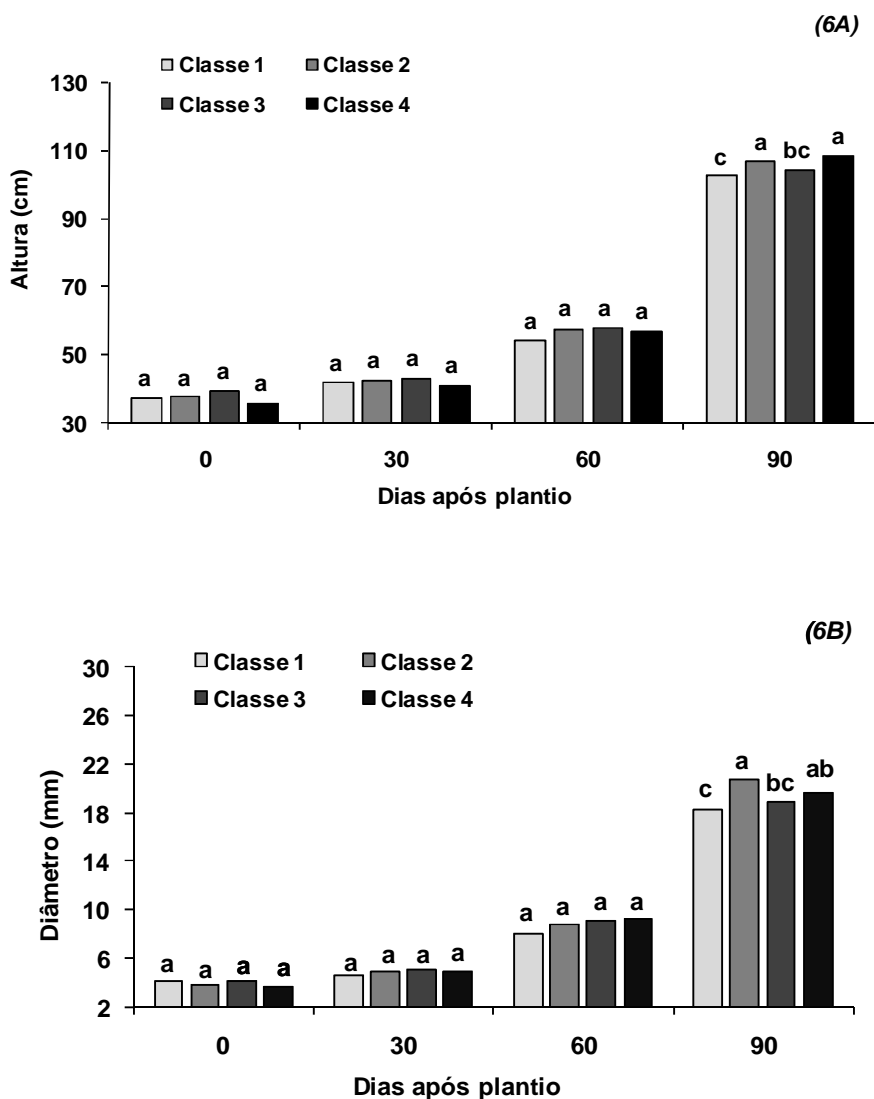


**Figura 5** - Valores médios quinzenais da precipitação pluviométrica, radiação PAR, temperatura, déficit pressão de vapor e umidade do ar medidas na estação meteorológica automática durante o período experimental, entre agosto e novembro de 2008.

### 3.3 AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA E DO CRESCIMENTO DAS MUDAS NO CAMPO

Em relação ao percentual de sobrevivência das classes de mudas após plantio no campo, foi verificado índice de 100%, para ambos os clones. Dessa forma, não foi evidenciado efeito das diferentes forças de resistência à tração do caule, verificadas nas mudas antes do plantio, na sobrevivência das mudas no campo.

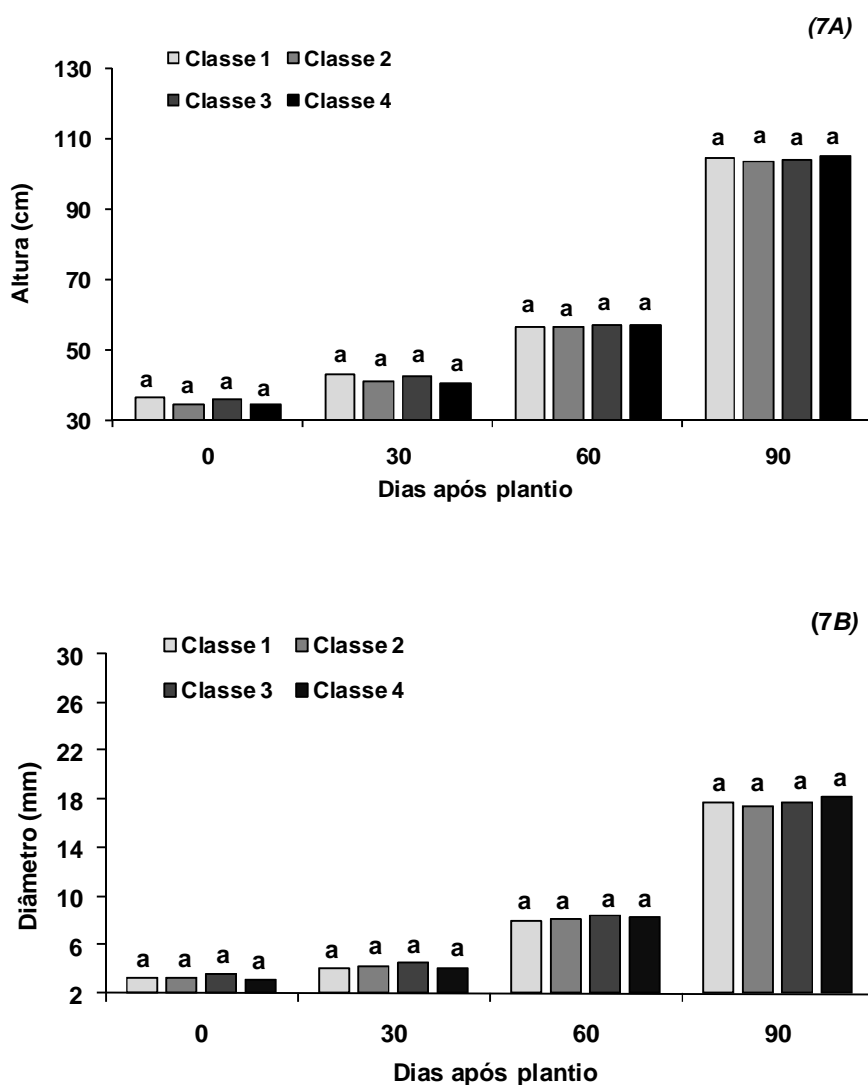
Quanto ao crescimento das plantas no campo, é mostrado na Figura 6, conforme análise de variância em anexo, as médias de altura da parte aérea e diâmetro da base do caule, das classes de mudas de eucalipto do clone 11, após plantio no campo.



**Figura 6** - Crescimento da parte aérea (Fig.6A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 6B) em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para mudas do clone 11.

Com relação à altura da parte aérea, verifica-se diferença significativa entre as classes de mudas deste clone somente aos 90 dias de plantio, onde as classes 2 e 4 são significativamente iguais entre si e superiores às demais, enquanto que as classes 1 e 3 mostram comportamento de crescimento significativamente inferior. Para o crescimento em diâmetro da base do caule, as diferenças também são verificadas somente aos 90 dias de plantio, relatando efeito semelhante do crescimento em altura.

Na Figura 7 é mostrado, conforme análise de variância em anexo, as médias de altura da parte aérea e diâmetro da base do caule, das classes de mudas de eucalipto do clone 75, após plantio no campo.



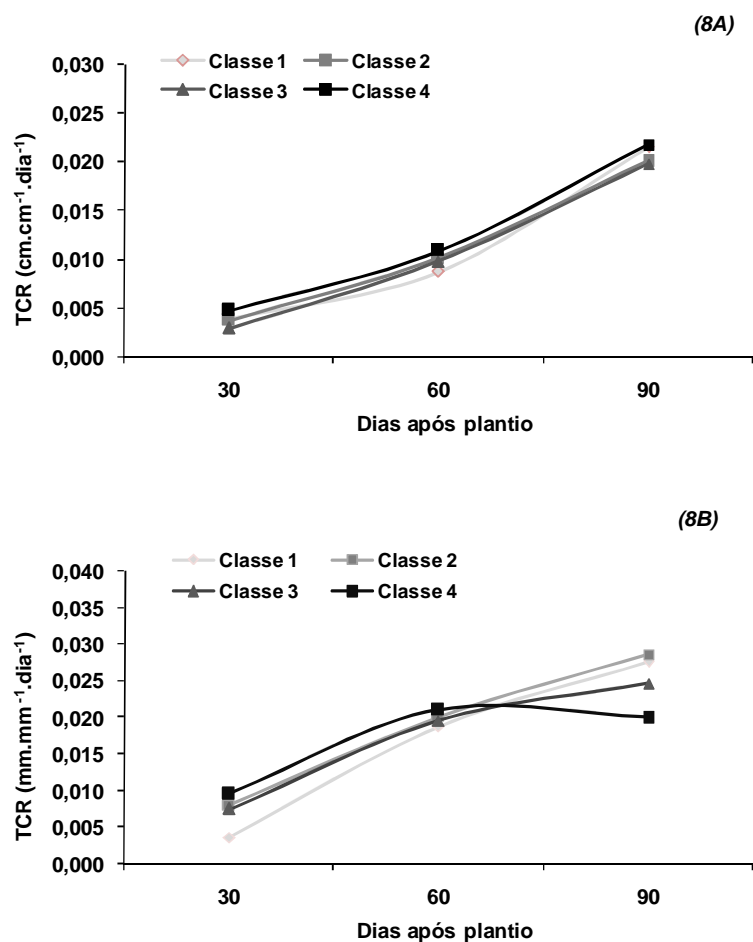
**Figura 7** - Crescimento da parte aérea (Fig.7A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 7B), em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo, para mudas do clone 75.

Para o clone 75 não estão registradas diferenças significativas do crescimento no campo, nem para altura da parte aérea quanto para diâmetro da base do coleto, das classes de mudas com diferentes forças de resistência à tração do caule, em nenhuma das épocas de avaliação. Os resultados mostram que as diferenças quanto à resistência do caule das mudas, tanto qualitativas como quantitativas,

observadas nas mudas em condições de viveiro, não influenciam o desenvolvimento no campo.

Os resultados encontrados neste trabalho contrastam com o exposto por Barnett (1983), que verificou melhor desempenho no campo, à medida que as dimensões das mudas, por ocasião do plantio, foram maiores, uma vez que o diâmetro está diretamente relacionado com a força de resistência à tração do caule das mudas.

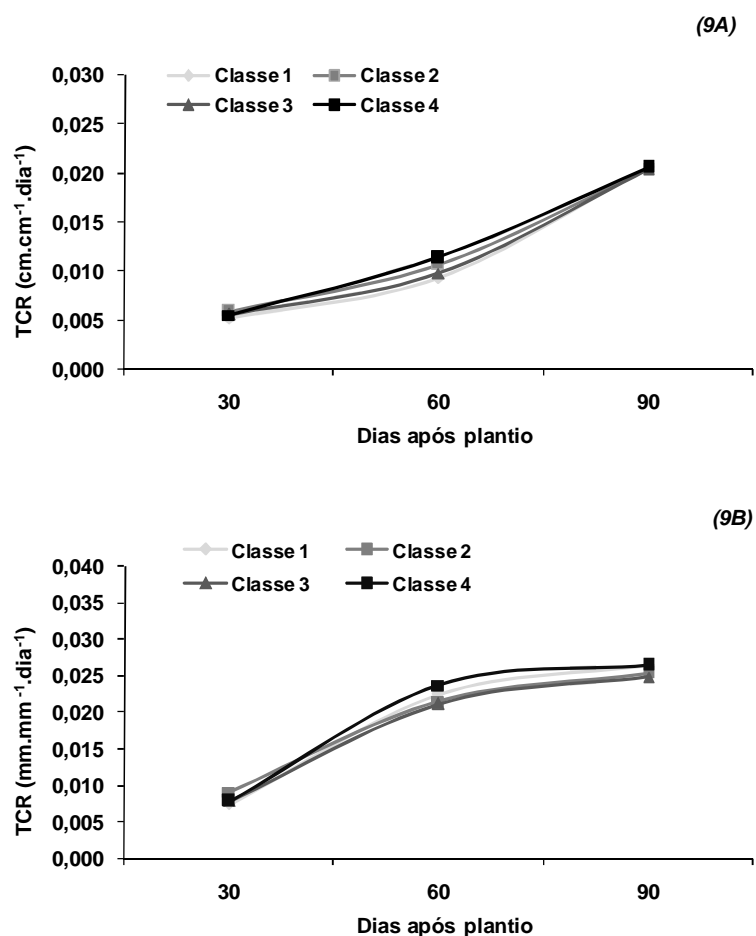
Na Figura 8 são apresentadas as médias da taxa de crescimento relativo da altura da parte aérea e do diâmetro da base do caule, para as classes de mudas de eucalipto do clone 11, após plantio no campo.



**Figura 8** - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea (Fig. 8A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 8B) de plantas de eucalipto do clone 11 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo.

A TCR registrada para altura da parte aérea indica que todas as classes apresentam comportamento similar de crescimento, com leve destaque para a classe 4. Para a TCR do diâmetro da base do caule, observa-se que a classe 4 também mostra o mesmo comportamento do crescimento da parte aérea até os 60 dias de plantio, porém a partir desse período há uma queda da TRC, o que não era esperado, pois nesse período havia disponibilidade de água no solo devido às precipitações ocorridas. Sendo assim, para esse clone, as classes de força de resistência à tração do caule medidas no viveiro, não influenciam o crescimento no campo.

Na Figura 9 são apresentadas às médias da taxa de crescimento relativo da altura da parte aérea e do diâmetro da base do caule, para as classes de mudas de eucalipto do clone 75, após plantio no campo.



**Figura 9** - Taxa de crescimento relativo (TCR) da altura da parte aérea (Fig. 9A) e do diâmetro da base do caule (Fig. 9B) de plantas de eucalipto do clone 75 em cada tempo de avaliação, em função de cada classe após plantio no campo.

Para o clone 75 está registrada a maior TCR, durante o período avaliado, tanto da altura da parte aérea quanto do diâmetro da base do caule, para mudas da classe 4. Para a TCR da altura da parte aérea, aos 90 dias de avaliação, todas as classes de mudas se igualam enquanto que para o diâmetro da base do caule, há uma tendência de maior crescimento para a classe 4. Verifica-se, dessa forma, que também para esse clone, não existe diferenças na TCR dos efeitos das classes de mudas da força de resistência à tração do caule, medida no viveiro. Assim, pode-se dizer que a força de resistência à tração do caule das mudas não implica em diferença de crescimento e sobrevivência no campo, em condições meteorológicas adequadas.



## 4 CONCLUSÕES

A classificação da força de resistência à tração do caule das mudas apresenta boa correlação com os valores de diâmetro da base do caule e o diâmetro a 7,5 cm da base do caule. Porém, não é verificada relação da força de resistência à tração mecânica do caule com percentuais de lignina e celulose caulinar.

Em condições meteorológicas adequadas, o índice de sobrevivência é máximo em todas as classes de mudas para ambos os clones.

O clone 11 apresenta diferença estatística significativa tanto para altura da parte aérea quanto para diâmetro da base do caule das mudas, somente aos 90 dias de plantio no campo, evidenciando superioridade da classe 2 e da classe 4 (testemunha).

O clone 75 não apresenta diferença estatística significativa para nenhuma das classes de força de resistência à tração do caule das mudas, em nenhum dos estágios de desenvolvimento avaliados.

O clone 75 caracteriza-se como mais plástico em relação ao clone 11, uma vez que confere mais rusticidade para uso em condições mais adversas, como o caso do fomento florestal.

Os critérios e indicadores obtidos através das medições qualitativas e quantitativas da parte aérea do broto da muda, em mudas pré-selecionadas pela operação para a expedição para o plantio no campo, não são consistentes e suficientes para determinar a condição de rusticidade da muda, não expressando a adaptabilidade nas condições de plantio e cultivo esperado no campo, dentro da proposta de realização do experimento. Portanto, resultados significativos poderiam ser obtidos em medições posteriores, em estágios mais avançados do povoamento.

Dessa forma, para plantio em condições meteorológicas adequadas, não se justifica despender recursos para identificar ou separar padrões de rusticidade por

flexibilidade de mudas nestes padrões. Assim, tem-se que identificar o ponto de corte, ou seja, a partir de qual ponto da força de resistência mecânica do caule se traduz rusticidade ou um melhor grau de rusticidade.

## 5 REFERÊNCIAS

BARNETT, J. P. (1983) Relating seedling morphology of container grown southern pines to field success. Separata de: CONVENTION OF THE SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (1983: Portland) **Proceedings of the** New Orleans: USDA For. Serv, Southern Forest Experiments Station, p.405-407

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

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** . propagação sexuada. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p.

KROLOW, I.R.C. **Produção de mudas de eucalipto em substratos obtidos a partir de resíduos agroindustriais, compostados e vermicompostados**. 2007. 93 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, 2007.

NAVES-BARBIERO, C. C.; FRANCO, A. C.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN G. (2000) Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verde no campo sujo e serrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 12 (2): 119-134

SHIMIZU, J, Y. Seleção fenotípica de *Pinnus elliottii* Engelm. var. *elliottii* no viveiro e seus efeitos no crescimento. Separata de: **Boletim de Pesquisa Florestal**. EMBRAPA. URPFCS, Curitiba, n.1, p.19-27, dez.1980.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

## APÊNDICE

TABELA 1 - Resumo da análise de variância do parâmetro teor de nitrogênio foliar, de mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas durante o verão e o inverno, em condições de viveiro

| Fonte de variação     | ANOVA    |         |                      |
|-----------------------|----------|---------|----------------------|
|                       | Clone 11 |         | Clone 75             |
|                       | GL       | QM      | QM                   |
| Sazonalidade          | 1        | 1,9780* | 0,6800*              |
| Classe                | 3        | 0,3439* | 0,2078*              |
| Sazonalidade x Classe | 3        | 0,1320* | 0,0164 <sup>ns</sup> |
| Resíduo               | 16       | 0,0161  |                      |
| Total                 | 23       | -       | -                    |
| CV (%)                |          | 4,79    | 5,36                 |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 2A - Resumo da análise de variância do parâmetro índice de fluorescência foliar, de mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas durante o verão e o inverno, em condições de viveiro

| Fonte de Variação     | ANOVA    |                      |          |         |
|-----------------------|----------|----------------------|----------|---------|
|                       | Clone 11 |                      | Clone 75 |         |
|                       | GL       | QM                   | GL       | QM      |
| Sazonalidade          | 1        | 0,1301*              | 1        | 0,0143* |
| Classe                | 3        | 0,0002 <sup>ns</sup> | 3        | 0,0102* |
| Sazonalidade x Classe | 3        | 0,0026 <sup>ns</sup> | 3        | 0,0049* |
| Resíduo               | 77       | 0,0013               | 77       | 0,0014  |
| Total                 | 79       | -                    | 79       | -       |
| CV (%)                |          | 5,06                 |          | 6,12    |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 3A - Resumo da análise de variância do parâmetro fotoinibição, de plantas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas no verão e no inverno, avaliada em condições de viveiro, antes da expedição para plantio no campo

| Sazonalidades     | ANOVA |                       |                       |
|-------------------|-------|-----------------------|-----------------------|
|                   |       | Verão                 | Inverno               |
| Fonte de Variação | GL    | QM                    | QM                    |
| Clone             | 1     | 286,5512*             | 3,7287 <sup>ns</sup>  |
| Classe            | 3     | 11,3852 <sup>ns</sup> | 4,6618 <sup>ns</sup>  |
| Clone x Classe    | 3     | 4,3244 <sup>ns</sup>  | 39,0699 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 51    | 14,9735               | 10,1884               |
| Total             | 67    | -                     | -                     |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 4 - Resumo da análise de variância do parâmetro carboidratos (açúcar livre total), de mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas na fase de expedição para plantio no campo, durante o outono de 2008

| ANOVA             |    |                      |
|-------------------|----|----------------------|
| Fonte de Variação | GL | QM                   |
| Clone             | 1  | 0,4108 <sup>ns</sup> |
| Classe            | 3  | 3,7906 <sup>ns</sup> |
| Clone x Classe    | 3  | 1,8291 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 16 | 1,8162               |
| Total             | 23 |                      |
| CV (%)            |    | 5,01                 |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 5 - Resumo da análise de variância do parâmetro carboidratos (sacarose), de mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas na fase de expedição para plantio no campo, durante o outono de 2008

| ANOVA             |    |                       |
|-------------------|----|-----------------------|
| Fonte de Variação | GL | QM                    |
| Clone             | 1  | 5,652 <sup>ns</sup>   |
| Classe            | 3  | 40,8374*              |
| Clone x Classe    | 3  | 13,9211 <sup>ns</sup> |
| Resíduo           | 16 | 11,5132               |
| Total             | 23 | -                     |
| CV (%)            |    | 5,98                  |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância do parâmetro proteínas, de mudas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, selecionadas na fase de expedição para plantio no campo, durante o outono de 2008

| ANOVA             |    |          |
|-------------------|----|----------|
| Fonte de Variação | GL | QM       |
| Clone             | 1  | 13,8016* |
| Classe            | 3  | 8,9183*  |
| Clone x Classe    | 3  | 2,1095*  |
| Resíduo           | 16 | 0,2014   |
| Total             | 23 | -        |
| CV (%)            |    | 6,28     |

\* = Significativo, pelo Teste F, a 5% de probabilidade; e ns = não significativo.

TABELA 7A - Resumo da análise de variância do parâmetro crescimento em altura da parte aérea (H) e diâmetro da base do caule (D), de plantas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, após plantio no campo, de mudas selecionadas no verão

| ANOVA                  |        |                        |                      |
|------------------------|--------|------------------------|----------------------|
| Sazonalidade           | Verão  |                        |                      |
| Fonte de variação      | Altura |                        | Diâmetro             |
|                        | GL     | QM                     | QM                   |
| Clone                  | 1      | 853,4299 <sup>ns</sup> | 66,7052**            |
| Classe                 | 3      | 55,9011**              | 2,3179*              |
| Clone x Classe         | 3      | 150,0140**             | 9,9238**             |
| Res (a)                | 36     | 54,8088                | 1,6279               |
| Tempo                  | 4      | 87011,180**            | 4267,145**           |
| Tempo x Clone          | 4      | 300,1076**             | 6,387600**           |
| Tempo x Classe         | 12     | 35,8109**              | 0,8331 <sup>ns</sup> |
| Tempo x Classe x Clone | 12     | 28,0146*               | 1,8550*              |
| Res (b)                | 124    | 14,0146                | 0,4768               |
| CV (%)                 |        | 4,67                   | 5,37                 |

\* e \*\*= Significativo, pelo Teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; e ns = não significativo.

TABELA 8A - Resumo da análise de variância do parâmetro crescimento em altura da parte aérea (H) e diâmetro da base do caule (D), de plantas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, após plantio no campo, de mudas selecionadas no inverno

| ANOVA                  |         |                      |                       |
|------------------------|---------|----------------------|-----------------------|
| Sazonalidade           | Inverno |                      |                       |
| Fonte de variação      | Altura  |                      | Diâmetro              |
|                        | GL      | QM                   | QM                    |
| Clone                  | 1       | 869,2781**           | 104,0836**            |
| Classe                 | 3       | 75,9211*             | 0,4790 <sup>ns</sup>  |
| Clone x Classe         | 3       | 192,1979**           | 4,9404**              |
| Res (a)                | 32      | 42,2543              | 2,3196                |
| Tempo                  | 4       | 87186,62**           | 3707,823**            |
| Tempo x Clone          | 4       | 455,0984**           | 13,0064 <sup>ns</sup> |
| Tempo x Classe         | 12      | 7,5551 <sup>ns</sup> | 0,3246**              |
| Tempo x Classe x Clone | 12      | 57,2693**            | 1,1453*               |
| Res (b)                | 128     | 14,7418              | 0,5325                |
| CV (%)                 |         | 5,53                 | 6,38                  |

\* e \*\*= Significativo, pelo Teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; e ns = não significativo.

TABELA 9A - Resumo da análise de variância do parâmetro crescimento em altura da parte aérea (H) e diâmetro da base do caule (D), de plantas do híbrido *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, após plantio no campo

| ANOVA                  |        |                        |                      |
|------------------------|--------|------------------------|----------------------|
| Fonte de variação      | Altura |                        | Diâmetro             |
|                        | GL     | QM                     | QM                   |
| Clone                  | 1      | 110.3972**             | 26,2011**            |
| Classe                 | 3      | 42.27863*              | 1,5105*              |
| Clone x Classe         | 3      | 83.86965**             | 1,2231*              |
| Res (a)                | 32     | 16.22555               | 0,7760               |
| Tempo                  | 3      | 38864.59**             | 1883,253**           |
| Tempo x Clone          | 3      | 40.31771*              | 2,4741**             |
| Tempo x Classe         | 9      | 27.93231*              | 0,8394 <sup>ns</sup> |
| Tempo x Classe x Clone | 9      | 10.30272 <sup>ns</sup> | 0,9582*              |
| Res (b)                | 96     | 8.331319               | 0,4484               |
| CV (%)                 |        | 4,79                   | 7.59                 |

\* e \*\*= Significativo, pelo Teste F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; e ns = não significativo.



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)