

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Índices de crescimento e de sobrevivência de povoamentos clonais de híbridos de
Eucalyptus grandis vs. *urophylla* em função de diferentes qualidades da muda

Gabriela Gonçalves Moreira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2020

Gabriela Gonçalves Moreira
Engenheira Florestal

Índices de crescimento e de sobrevivência de povoamentos clonais de híbridos de
Eucalyptus grandis vs. *urophylla* em função de diferentes qualidades da muda.
Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ LEONARDO DE MORAES GONÇALVES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências, Programa: Recursos Florestais
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Moreira, Gabriela Gonçalves

Índices de crescimento e de sobrevivência de povoamentos clonais de híbridos de *Eucalyptus grandis* vs. *urophylla* em função de diferentes qualidades da muda/ Gabriela Gonçalves Moreira - Piracicaba, 2020.
48 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Qualidade de mudas 2. Mudas 3. Produtividade inicial 4. Sobrevivência
5. Produtividade ao final do ciclo 6. Aproveitamento final I. Título

DEDICATÓRIA

À minha avó “**Fatuna**” (*in memoriam*) por ter despertado esse amor pela área florestal; aos meus pais, **Salita** e **Aparecido**, por todo amor, carinho e exemplo de dedicação que foram durante a minha vida e aos meus irmãos, **Patricia** e **Leandro**, por toda amizade e apoio.

Ao meu amor, **Alexsander**, por toda paciência, carinho e companheirismo durante esse período.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por sempre me guiar pelo melhor caminho.

Do mesmo modo, ao Professor Doutor, José Leonardo de Moraes Gonçalves, pela oportunidade, pela confiança e por todos os ensinamentos transmitidos desde a graduação.

A Rodrigo Hakamada, por me aconselhar, orientar e ser uma referência desde o começo do projeto, com suas ideias e suas contribuições, as quais, realmente, enriqueceram a pesquisa.

Destaco a International Paper do Brasil Ltda., que concedeu as áreas de pesquisa e porque me incentivou a continuar minha capacitação. Agradeço à toda equipe de P&D, Viveiro e Operações Florestais, em especial, a Alex Passos e a Renato Meulman, pela paciência durante esse período, por me aconselharem e por revisarem meu trabalho.

Aos colegas de trabalho, que foram essenciais em todas as coletas e no processamento de dados, Erico Piccinato, Jair Gabriel, Maria Aparecida Galo, Nilson Zeferino, Nelsino Gonçalves e Leandro Ribeiro. Aos meus mentores desde o começo do trabalho, Cristiane Lemos e José Teixeira, por todo conhecimento e pelo exemplo que foram em minha vida. Aos gestores, Adriano Almeida, Luis Fernando Silva e Armando Santiago, pelas diversas oportunidades concedidas durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/ USP e ao Departamento de Ciências Florestais, pela qualidade de ensino e pela estrutura oferecida.

À banca da qualificação, Rodrigo Hakamada, Alexandre e Pedro Brancalion, por todas as contribuições. E à banca examinadora Cristiane, Arthur e Alexandre pelas excelentes sugestões no trabalho.

Aos meus amigos, Leonardo Miranda, Guilherme Pontes, Clovis Wanderley, Gabriela Pires e Gabriela Chaves, que me ajudaram a conduzir o trabalho nas fases iniciais.

Aos amigos do “PTSM- Programa Temático em Silvicultura e Manejo”, Alvaro, Antonio, Amanda, Liamara e Andressa, pelo apoio no processamento de dados, pelas conversas, pelo companheirismo durante as matérias cursadas e, principalmente, pelos bons momentos e muitas risadas.

Ao Alexander, por toda ajuda durante essa trajetória e, especialmente, por me acalmar nos momentos mais difíceis.

Muito Obrigada.

A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original

Albert Einsten

Sei que meu trabalho é uma gota no oceano, mas, sem ele, o oceano seria menor

Madre Teresa de Calcuta

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1 Caracterização da área de estudo.....	15
2.2 Produção e classificação das mudas	16
2.3 Instalação e condução do experimento em campo	21
2.4 Avaliações	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
3.1 Aproveitamento final de mudas e índice de sobrevivência das mudas	29
3.2 Crescimento inicial das árvores, biomassa e índice de uniformidade.	31
3.3 Produtividade ao final do ciclo.....	35
3.4 Relações entre qualidade de muda e crescimento da árvore	38
4 CONCLUSÃO.....	41
5 APLICAÇÕES PRÁTICAS	43
REFERÊNCIAS.....	40

RESUMO

Índices de crescimento e de sobrevivência de povoamentos clonais de híbridos de *Eucalyptus grandis* vs. *urophylla* em função de diferentes qualidades da muda

Em nível mundial, os produtos oriundos da madeira cresceram uma média de 1% nos entre 2011 e 2015. Esse crescimento tem demandado aumento da área plantada, que, no Brasil, foi de 14% nos últimos cinco anos. Com a crescente procura por madeira, os silvicultores buscam aumentar a produtividade, reduzindo, porém, os custos. Nesse contexto, boas práticas de cultivo são imprescindíveis para o sucesso da produção. Segundo Hakamada et al. (2015), povoamentos florestais com estabelecimento inicial e uniformidade satisfatórios tendem a ser mais produtivos ao final do ciclo. Apesar de existirem diversos trabalhos sobre qualidade de mudas e sua influência em sobrevivência e crescimento, os trabalhos, em geral, fazem as avaliações na fase inicial ou juvenil de crescimento. Também faltam trabalhos que relacionam as qualidades de mudas com aspectos operacionais, como o aproveitamento de mudas ao longo do processo de produção, transporte e plantio, dificultando, assim, a tomada de decisão dos silvicultores no que se refere à expedição, ou não, de certos padrões de mudas. Desse modo, objetivou-se com esse estudo i) avaliar os impactos das diferentes qualidades de mudas nos descartes ocorridos antes do plantio e nas taxas de replantio; ii) avaliar a produtividade inicial e ao final do ciclo de uma floresta clonal de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*, iii) calcular o impacto das diferentes qualidades das mudas na uniformidade da floresta aos dois anos de idade e a diferença na distribuição de biomassa inicial e iv) determinar padrões de qualidades de mudas para um povoamento clonal de *E. grandis* x *urophylla*. A qualidade de mudas possui um grande impacto no aproveitamento final, diferenças acima de 14% quando comparamos uma muda de qualidade ideal e uma de qualidade inferior. Durante o estabelecimento, a muda considerada ideal para expedição apresentou falhas de 2%, enquanto a muda com padrão inferior apresentou falhas de 6% e o crescimento inicial foi afetado até os 64 meses com diferenças superiores a 10% na produtividade quando o plantio foi realizado com mudas velhas. Tal pesquisa foi feita com um povoamento de *E. grandis* x *urophylla* no sudeste de São Paulo.

Palavras-chave: Qualidade de mudas, Mudas, Produtividade inicial, Sobrevivência, Produtividade ao final do ciclo, Padrões morfológicos

ABSTRACT

Growth and survival rates of clonal plantation of *Eucalyptus grandis* vs. *urophylla* hybrid as a function of different seedling quality

Worldwide, wood products have grown by an average of 1% over the last five years. This growth has required an increase in planted area, which in Brazil has been 14% in the last five years. With the increasing demand for wood, foresters are seeking to increase productivity, but reducing costs. In this context, good cultivation practices are essential for the success of production. According to Hakamada et al. (2015), forest stands with satisfactory initial establishment and uniformity tend to be more productive at the end of the cycle. Although there are several studies about seedling quality and how it's influence on survival and growth, but the studies, in general, make the evaluations in the initial or juvenile phase of growth. There is also a lack of work that relates the quality of seedlings to operational aspects, such as the discard of seedlings in the transport and planting process, thus making it difficult for foresters to make decisions about wich kind of seedlings they going to send to the field. Thus, the objective of this study was to: (i) evaluate the impacts of different seedling qualities on the discards and replanting rates; ii) to evaluate the initial and end-cycle productivity of a *Eucalyptus grandis* x *urophylla* clonal forest; iii) to calculate the impact of different seedling qualities on forest uniformity at two years of age and the difference in initial biomass distribution and iv) to determine seedling quality standards for a clonal stand of *E. grandis* x *urophylla*. The quality of the seedlings has a great impact on the discard in the field, differences above 14% when comparing an ideal quality seedling and an inferior one. During establishment, the seedling considered ideal for planting presented failures of 2%, while the seedling with inferior pattern presented failures of 6% and the initial growth was affected until 64 months with differences over 10% in productivity when planting was done with old seedlings. This research was done with a *E. grandis* x *urophylla* stand in southeastern São Paulo.

Keywords: Seedling quality, Seedlings, Productivity, Survival, Morphological patterns

1 INTRODUÇÃO

Em nível mundial, produtos oriundos da madeira cresceram 1%, ao ano, desde 2014 (FAO, 2016), expansão que tem demandado aumento da área plantada, o qual foi de 14% nos últimos cinco anos (IBA, 2016). Nesse panorama, o Brasil ultrapassou o Canadá, tornando-se o quarto maior produtor de fibras de origem madeireira, em 2014 (FAO,2016), em virtude, entre outros fatores, do fato de que cerca de 80% do consumo de madeira origina-se em florestas plantadas (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, SFB, 2015).

Devido à crescente demanda por madeira, os silvicultores vêm buscando aumentar a produtividade (LOPES, 2005), por meio dos avanços tecnológicos e do aprimoramento dos materiais genéticos, os quais, ao longo dos anos, permitiram grande aumento da produtividade das florestas de *Eucalyptus* no Brasil (GONÇALVES et al., 2008; HAKAMADA et al., 2010). Entretanto, nos últimos anos, notou-se queda na produtividade florestal (IBA, 2016), em virtude dos eventos climáticos extremos associados ao ataque de pragas e doenças.

Nesse contexto, boas práticas de cultivo tornam-se imprescindíveis para o sucesso da produção. Segundo Hakamada et al. (2015), povoamentos florestais com estabelecimento inicial e uniformidade satisfatórios tendem a ser mais produtivos ao final do ciclo, já que o manejo silvicultural constitui prática que interfere na produtividade florestal, pois permite que o material genético atinja o seu potencial produtivo (STAPE, 2002). No entanto a distribuição heterogênea ou incorreta dos recursos — devido às falhas operacionais ou aos erros na recomendação — pode gerar plantios mais heterogêneos (HAKAMADA et al., 2015).

A homogeneidade dos plantios florestais é muito importante, porque, a cada ponto de melhoria no Índice de Uniformidade da Floresta (PV50), acrescenta-se $0,63 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de madeira (HAKAMADA et al., 2015). A fim de garantir a uniformidade nos plantios, é importante evitar desvios nas práticas silviculturais, como o replantio tardio, a heterogeneidade na distribuição de fertilizantes, a matocompetição, entre outros (HAKAMADA, 2012). Assim, utilizar mudas com características morfológicas desejáveis, como bom desenvolvimento especialmente do sistema radicular, boa sanidade e ausência de sintomas de deficiência nutricional, é essencial para estabelecer povoamentos uniformes e com elevada sobrevivência (STAPE et al., 2001).

Um estudo realizado por Lemos et al. (2012) mostrou que a cada 1% de falhas em plantios de florestas de *Eucalyptus*, gera-se 1% de perda de produtividade. Desse modo, técnicas que busquem aprimorar o estabelecimento inicial e, conseqüentemente, ampliem a sobrevivência dos plantios, são essenciais para garantir o aumento da produtividade planejada pelos silvicultores.

Com o objetivo de compreender as características morfológicas das mudas que tornam a produtividade mais eficaz, Dickson et al. (1960) criou o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), nos Estados Unidos, especificamente, para entender a percepção dos viveiristas sobre a qualidade das mudas produzidas no país. Das equações testadas, uma conseguia capturar bem não só as mudas boas e ruins, mas também identificar as mudas “aceitáveis” no processo. Tal equação tornou-se o meio para calcular o IQD (DICKSON, et al., 1960). Apesar de ser utilizado até hoje como referencia de mudas de qualidade em diversos trabalhos, como no estudo de Eloy et al. (2003) — que concluiu que tubetes acima de 100cm³ apresentam melhor IQD —, deve-se entender melhor como esse índice irá se comportar em diferentes condições edafoclimáticas, com espécies diferentes e, principalmente, se ele, de fato, reflete um melhor aproveitamento final de mudas.

Existem outros índices que correlacionam massa seca aérea à radicular, assim como índices que correlacionam diâmetro de colo à altura, entretanto são necessários estudos que utilizem diferentes espécies e condições edafoclimáticas, a fim de que se identifiquem valores ideais em cada índice (CARNEIRO, 1995). Além deles, são também raros, no Sudeste de São Paulo, os estudos que fizeram essa correlação com *Eucalyptus* clonais.

O sistema radicular consiste num dos principais parâmetros de qualidade das mudas, sendo essencial para a sobrevivência delas e para sua produtividade em madeira. A distribuição desse sistema no solo é única em cada árvore, pois possui forte influência do material genético e das condições ambientais em que a planta se encontra, como solo, disponibilidade de fotoassimilados, competição, entre outras (GONÇALVES, et al, 2000). Segundo o mesmo autor as raízes finas são as mais importantes para absorver água e nutrientes. Nesse sentido, Laclau, et al. (2013) demonstrou que as raízes finas de florestas de *Eucalyptus* podem chegar a mais de 10 metros de profundidade, dado que demonstra a grande capacidade de adaptação das espécies, bem como são hábeis em buscar recursos. Deste modo, técnicas de manejo que influenciem negativamente a formação do sistema

radicular podem impactar significativamente a produtividade, como o que foi constatado em relação aos tubetes. Nessa direção, inúmeros trabalhos correlacionaram a deformação de raízes à utilização de recipientes pequenos para produção de mudas (FREITAS et al., 2005; LELES et al., 2001).

Outros fatores que podem impactar o desenvolvimento das florestas em campo é o Índice de Área Foliar (IAF) e a Área Foliar Específica (AFE). Segundo Xavier, et al. (2012) pelo fato de o IAF estar diretamente ligado à produtividade e à evapotranspiração das florestas, ele permite que modelos prevejam tais índices. Já a AFE correlaciona-se à nutrição da planta e seus valores reduzem conforme o aumento do nitrogênio e do fósforo na folha (OSONE, et al., 2008). Além disso, plantas com menor AFE apresentam menor teor de clorofila e consequentemente menor potencial fotossintético (MARENCO et al., 2009). Esses dois fatores podem ser utilizados como indicadores de florestas com alto potencial produtivo, assim como a sobrevivência e o índice de uniformidade PV50.

Apesar de existirem diversos indícios sobre como a qualidade de mudas pode impactar o estabelecimento inicial e a produtividade de plantios de florestas de *Eucalyptus ssp*, poucas pesquisas acompanharam o impacto das mudas até o final do ciclo florestal. Embora diversos trabalhos busquem definir boas técnicas de manejo em viveiro, para melhorar a produção de mudas (ZANI et al. 1988; VALERI et al., 2000; SANTOS et al.2000; SILVA et al., 2012; TAMBOSI et al., 2012; OLIVEIRA et.al, 2014), a maioria deles avalia o índice de qualidade de Dickson, a sobrevivência e o crescimento até os dois meses de idade da floresta. A diferença de arranque inicial é comum em diversos experimentos, porém muitos deles, ao final do ciclo, não mantêm essa diferença. Isso pode ser exemplificado por Dobner Júnior, et al. (2013), que avaliaram o impacto dos diferentes tamanhos de tubetes em plantios de *Pinus* até os nove anos de idade, sendo que houve diferença de altura até os dois anos e após esse período essa diferença desapareceu. Isso ocorre, pois, a característica de desenvolvimento do material genético é um fator muito importante permitindo esse alcance em produtividade ao final do ciclo.

Em contrapartida, as diferentes qualidades de mudas podem impactar o sistema radicular das plantas, no estabelecimento inicial e na uniformidade da floresta (STAPE et al., 2001). Caso isso ocorra, a diferença em produtividade pode se manter até o final do ciclo. Em culturas anuais, tal impacto foi percebido em um estudo com abacaxi pérola (*Ananas*

comosus) cultivado na Bahia, no qual se constatou que o plantio de mudas maiores influenciou no peso do fruto final (CUNHA et al., 1993).

Por meio desse exemplo, reitera-se o fato de que, apesar de existirem diversos trabalhos sobre a qualidade de mudas e sua influência no crescimento e na sobrevivência, a maioria avalia as fase inicial e juvenil de crescimento. Também faltam trabalhos que relacionam a qualidade de mudas com aspectos operacionais, como o aproveitamento delas ao longo do processo de produção, o transporte e o plantio, dificultando a tomada de decisão dos silvicultores quanto à expedição, ou não, de certos padrões de mudas.

Outro fator que dificulta correlações entre trabalhos está relacionado a definição da qualidade de mudas, sendo que existem quatro índices que definem qualidade de mudas e cada viveiro utiliza um padrão morfológico para classificação de mudas “boas”, “aceitáveis” e “ruins” (GOMES e PAIVA, 2013).

Sabendo-se que plantios homogêneos são extremamente importantes para atingir boa produtividade e que a qualidade das mudas é o primeiro passo para o estabelecimento de um povoamento florestal homogêneo, propõem-se as seguintes hipóteses:

- I. Mudanças consideradas não ideais para expedição apresentam menor sobrevivência e menor aproveitamento de mudas ao final do processo produtivo;
- II. O arranque inicial de um povoamento clonal de *E. grandis* x *E. urophylla* é maior quanto mais adequada a muda estiver para a expedição;
- III. A produtividade de madeira, ao final do ciclo, é maior, quanto maior for o nível de qualidade das mudas;
- IV. Mudanças com qualidade superior (ideal para expedição) geram florestas com maior uniformidade.

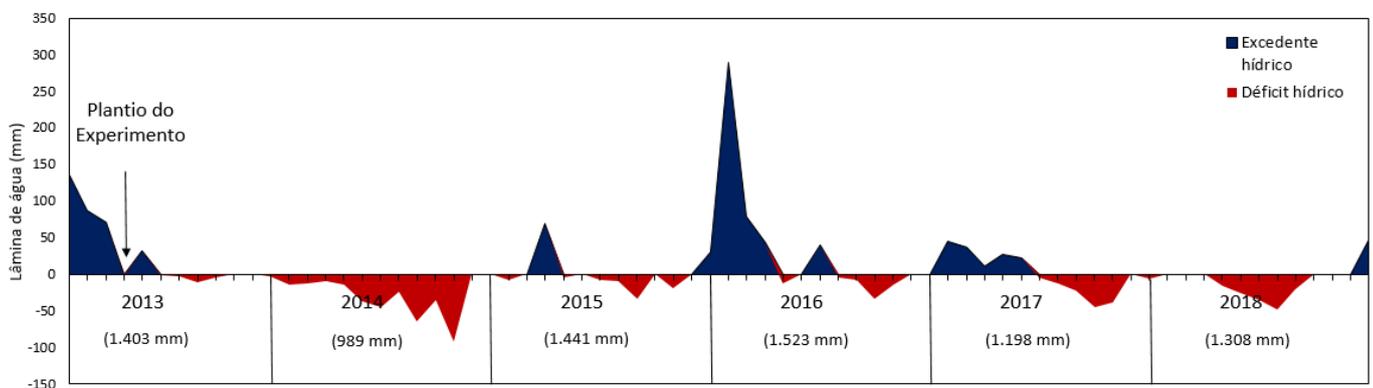
A partir dessas hipóteses, objetiva-se com esse estudo: i) avaliar os impactos das diferentes qualidades de mudas aproveitamento final de mudas até o momento de plantio e na sobrevivência do plantio; ii) avaliar a produtividade inicial e ao final do ciclo de uma floresta clonal de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*; iii) calcular a uniformidade da floresta aos dois anos de idade e a diferença na distribuição de biomassa inicial e iv) determinar padrões de qualidades de mudas para um povoamento clonal de *E. grandis* x *E. urophylla* no sudeste de São Paulo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo desenvolveu-se no município de Guatapar-SP, localizado na latitude de 21 17', na longitude de 41 01' e na altitude de 510 metros. O relevo do local  classificado como suave ondulado. O clima da região  classificado, segundo Koppen, como Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco, no qual a temperatura média dos meses mais frios fica acima de 18C, possui inverno seco e chuvas de verão (ALVARES et al, 2014). A temperatura média anual  de 22C, além disso, as mdias das temperaturas mínima e máxima apresentam-se no intervalo entre 16C e 28C, com pluviosidade média de 1470mm por ano. A capacidade de água disponível (CAD) utilizada para o cáculo do balanço hídrico foi de 340 mm (Figura 1 e Tabela 1). Durante a fase do estudo, entre abril de 2013 a dezembro de 2018 a temperatura média foi de 23C e a precipitao pluvial total foi de 7.202 mm, com precipitao média por ano de 1310 mm.

Figura 1- Extrato do balanço hídrico sequencial mensal do solo calculado, por meio do método proposto por Thornthwait e Mather (1955), entre 2013 e 2018 (capacidade de água disponível: 340mm).



A vegetao originária do local era o cerrado, mas, atualmente, vem sendo cultivado o eucalipto há cerca de quatro rotaoes de seis anos cada. Na última rotao, o incremento médio anual foi de 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Ademais, identificou-se o solo, segundo a Classificao Brasileira de Solos (Santos et al., 2018) como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura média (Tabela 2).

Tabela 1. Valores mensais para o primeiro ano de condução do experimento e anual para os demais anos do balanço hídrico mensal pelo método proposto por Thornthwait e Mather (1955), para o local do experimento durante sua condução (anos de 2013 a 2018) considerando uma capacidade de água disponível de 340mm.

Ano	Mês	Temperatura Média			PPT ⁽¹⁾	EXC ⁽²⁾	DEF ⁽³⁾	Meses com DEF ⁽⁴⁾
		Máxima	Média	Mínima				
			-°C-			mm-		
2013	Jan.	29,7	24,5	19,3	265,4	135	0	
2013	Fev.	30,5	25,1	19,6	207,9	87	0	
2013	Mar.	29,3	24,2	19,1	188,3	70	0	
2013	Abr.	27,5	21,8	16,2	64,3	0	-1	
2013	Mai.	26,9	20,4	14,0	122,4	33	0	
2013	Jun.	26,1	20,1	14,2	49,1	0	0	
2013	Jul.	25,5	18,3	11,0	23,4	0	-2	
2013	Ago.	28,1	19,5	10,8	4,3	0	-11	
2013	Set.	29,6	22,1	14,6	69,0	0	-4	
2013	Out.	29,2	22,9	16,6	116,5	0	0	
2013	Nov.	29,6	23,9	18,2	173,4	0	0	
2013	Dez.	30,8	25,2	19,5	119,1	0	-2	
2013		28,6	22,3	16,1	1403,0	325	-20	5
2014		31,2	24,4	17,7	989,1	0	-331	10
2015		29,6	23,8	18,0	1441,3	100	-80	6
2016		29,1	23,0	16,8	1523,5	452	-71	7
2017		29,6	23,4	17,3	1198,5	144	-126	6
2018		29,3	23,4	17,4	1308,5	47	-144	5

⁽¹⁾Precipitação mensal e anual; ⁽²⁾ Soma do excedente hídrico no mês e no ano; ⁽³⁾ Soma do déficit hídrico no mês e no ano; ⁽⁴⁾ Número de meses no ano que apresentaram déficit hídrico superior a 5mm.

Tabela 2. Atributos físicos e químicos do solo antes da implantação do experimento na profundidade de 0-30 cm, relacionando o pH, teores de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al³⁺), soma de bases (S.B.), capacidade de troca catiônica (CTC) e teor de matéria orgânica (M.O) (CAMARGO et al. 1986).

Prof.	Areia ⁽¹⁾	Silte ⁽¹⁾	Argila ⁽¹⁾	pH CaCl ₂	p ⁽²⁾	Cátions Trocáveis			Na ⁽²⁾	H + Al ³⁺	S.B.	C.T.C.	M.O
						K ⁽²⁾	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾					
cm	g.Kg ⁻¹				mg dm ⁻³	mmol.c dm ⁻³							%
0 – 30	68	10	22	4,3	4,2	0,28	13	2,22	0,15	41,25	15,5	78,7	2,53

⁽¹⁾Método da pipeta; ⁽²⁾Extraído com resina trocadora de ions.

2.2 Produção e classificação das mudas

As mudas foram produzidas no viveiro florestal da International Paper do Brasil, cujo minijardim clonal, com cerca de três anos de produção, serviu de fonte para obtenção de

miniestacas para o processo de clonagem. Após a coleta, introduziram-se as miniestacas em tubetes de 50 cm³, preenchidos com substrato fertilizado com osmocote e levadas à Casa de Vegetação, onde permaneceram por 30 dias. Posteriormente, foram transferidas para Casa de Sombra, na qual ficaram alocadas por mais cinco dias. Após esse período, transferiram-se as mudas para a área de crescimento em pleno sol, onde foram organizadas até completar o ciclo de 100 dias.

No pleno sol, as mudas receberam duas irrigações por dia, uma de 45 minutos e outra, de 30 minutos, totalizando 16 mm dia⁻¹ de irrigação. Já a adubação realizou-se através da fertirrigação diária, distribuída em dois padrões de adubação por dia. A primeira consistia em 121 g L⁻¹ de nitrato de potássio, 55 g L⁻¹ de MAP, 92 g L⁻¹ de sulfato de magnésio, 0,8 g L⁻¹ de ácido bórico, 0,5 g L⁻¹ de sulfato de manganês, 0,008 g L⁻¹ de sulfato de cobre e 0,088 g L⁻¹ de sulfato de zinco. A segunda, de 82 g L⁻¹ de cloreto de potássio e 180 g L⁻¹ de nitrato de cálcio. Todas as mudas passaram pelo mesmo manejo descrito, porém as classificadas como **D** eram remanescentes de lotes presentes no viveiro há mais de 180 dias.

Definiram-se, seguindo, como parâmetros, as folhas, o caule e o sistema radicular, cinco padrões de qualidade de mudas dentro de um mesmo lote de produção (com exceção das mudas **D** que utilizou-se lotes antigos do viveiro):

1. **A** - Padrão ideal para expedição
2. **B** - Padrão intermediário para expedição
3. **C** - Padrão não adequado para expedição
4. **D** - Mudas velhas

Avaliaram-se as características das folhas, como tamanho, coloração e espessura (Figura 2). No caule, analisaram-se o tamanho da muda, a lignificação do caule e o diâmetro de colo. No sistema radicular, considerou-se a porcentagem de raízes ativas e o grau de compactação do substrato (Tabela 3).

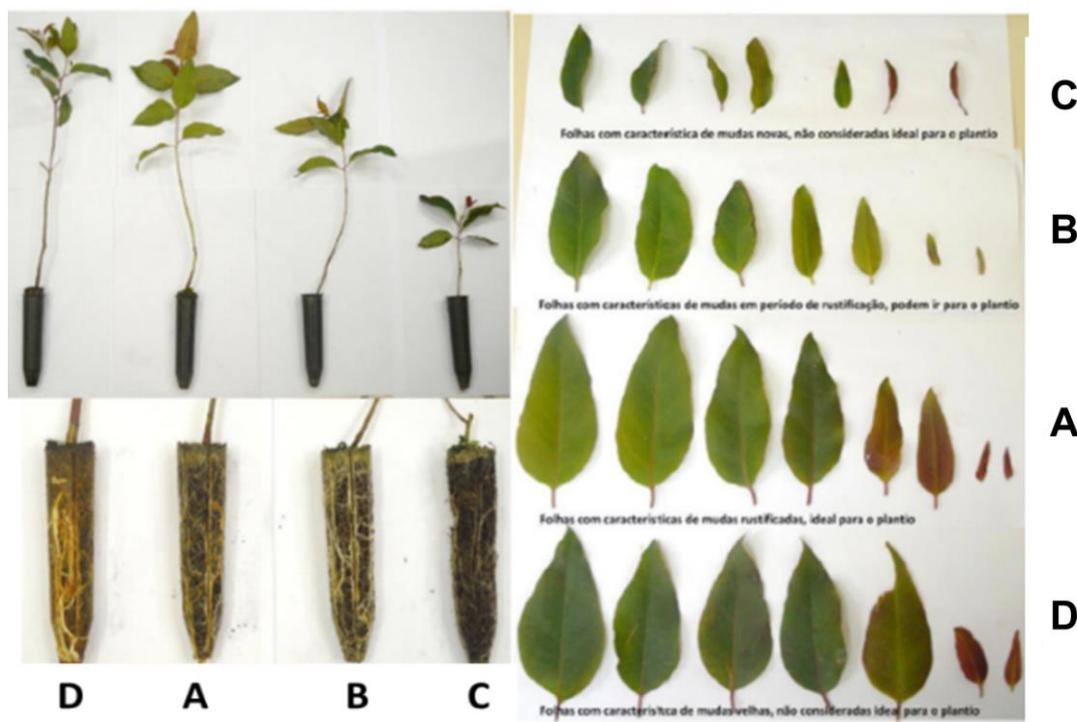


Figura 2 - Aspectos da parte aérea e do sistema radicular das mudas padrão A, B, C e D.

Mensurou-se, com uma régua milimetrada, a altura da muda desde o colo até a última inserção de par de folha. Já o diâmetro de colo foi mensurado com um paquímetro digital.

A muda padrão **A** possuíam um valor mínimo de 25 cm. Já a muda padrão **B** apresentava altura máxima de 30 cm. As mudas padrão **C** tiveram seu crescimento limitado pelas mudas maiores, tornando-se dominadas, sobretudo na recepção de luminosidade (não ultrapassando 25 cm de altura). As mudas padrão **D**, há mais tempo no viveiro, apresentava altura maior. Esse padrão pode ser observado também no diâmetro de colo, ou seja, as mudas **A** apresentavam maiores diâmetros, seguidas das mudas **B** e **C**. Já as mudas **D**, pela idade, apresentava diâmetro maior. Os valores podem ser encontrados na tabela 3.

A medição do grau de rustificação foi feita baseando-se na altura da parte mais escura do caule (Figura 3). O grau de lignificação do caule foi maior para muda **A**, seguido da muda **B** e por fim a **C**. Já as mudas padrão **D** apresentavam alta lignificação (acima de 10 cm) por serem mais velhas.



Figura 3 - Demonstração da parte considerada como altura de lignificação do caule para que seja possível mensurar e classificar as mudas nos diferentes padrões morfológicos (definir grau de rustificação).

As mudas padrão **A** apresentavam folhas com coloração verde clara e escura e maior AFE, enquanto as mudas tipo **B** e **C**, folhas com menor AFE e com coloração verde clara apenas (Figura 4). As mudas **D** apresentavam coloração verde escura e maior AFE.

As raízes ativas consistem naquelas que, fisiologicamente, absorvem água e nutrientes, por isso foram importantes na seleção das mudas. No entanto, a massa da matéria seca de raiz não representa a quantidade de raízes ativas, pois a maioria das raízes são não absorverntes, mas grossas e bastante lignificadas (RENA E GUIMARÃES, 2000). Por esse motivo, para classificar as mudas, foram usadas raízes novas e, como indicativo dessa jovialidade, usaram-se as raízes brancas (Tabela 3). Para cálculo da porcentagem de raízes brancas utilizou-se um gabarito de 1cm por 1cm onde se contavam os quadrados que apresentavam raízes brancas. A qualidade do sistema radicular também foi avaliada pela ausência de envelamento (Figura 5).

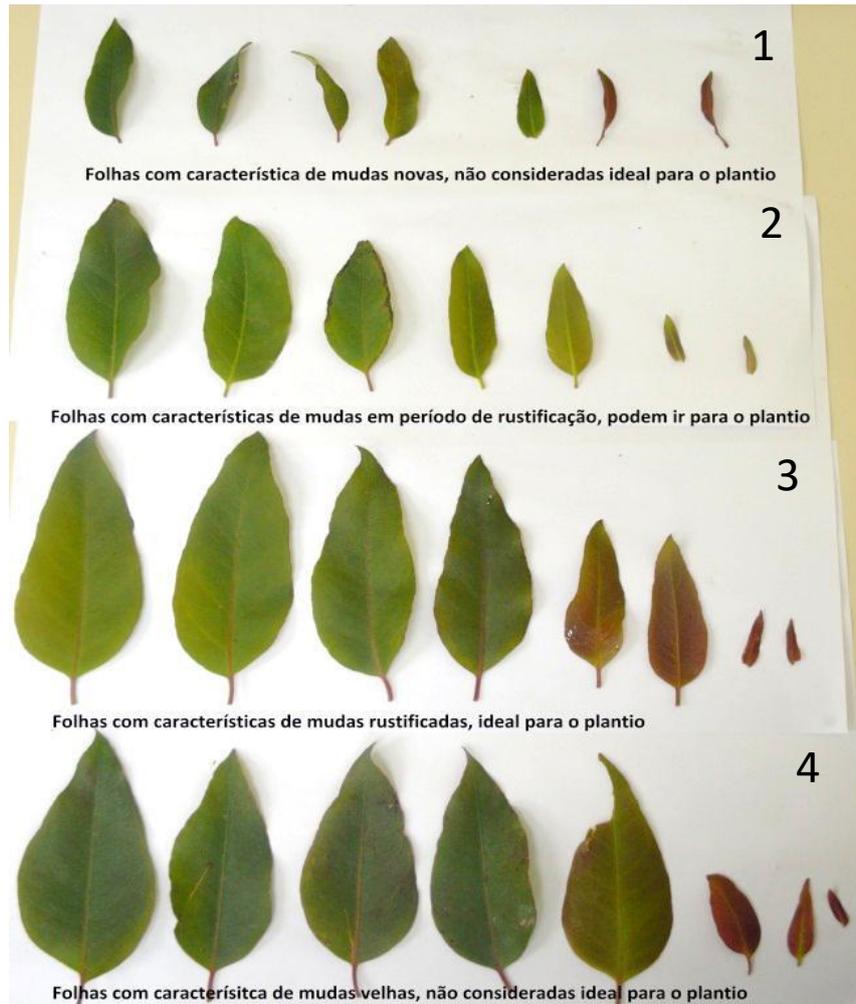


Figura 4 - Características das folhas de acordo com a idade e grau de rustificação da muda
 (1) é composto por folhas novas com padrão não ideal para plantio-padrão C;
 (2) folhas de mudas intermediárias para plantio padrão B
 (3) composto por folhas de mudas já rustificadas e consideradas adequadas para plantio-padrão A
 (4), por folhas de mudas com idade acima da ideal para o plantio padrões D.

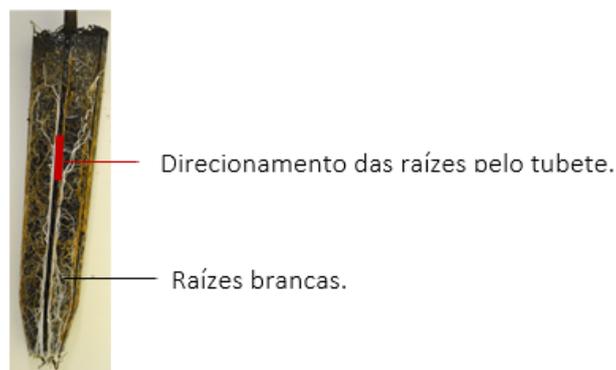


Figura 5 - Sistema radicular de mudas com alta qualidade, pois não apresenta envelhecimento e alta quantidade de raízes brancas.

Em relação à aderência do substrato às raízes, as mudas que não apresentaram perda de partículas e flexibilidade foram **A** e **D**. Já as mudas **B** apresentaram pequena perda de substrato, enquanto as mudas **C**, uma grande perda (Figura 6).



Figura 6 - (a) Sistema radicular bem formado, com intensa aderência do substrato às raízes- padrão **A** e **D**; (b) sistema radicular mediamente formado com média aderência das raízes ao substrato- padrão **B**; (c) sistema radicular flexível, com poucas raízes novas e menor aderência ao substrato às raízes- padrão **C**.

Os atributos de qualidade das diferentes qualidades de mudas estão na Tabela 3.

Tabela 3. Atributos de qualidade relativo aos diferentes padrões de muda.

Parâmetro	Classificação Morfológica da Muda			
	A ⁽¹⁾	B ⁽²⁾	C ⁽³⁾	D ⁽⁴⁾
Idade média (dia)	100	100	100	180
Altura (cm)	25 a 45	17 a 30	13 a 25	35 a 55
Diâmetro de colo (mm)	2,5 a 4,5	2,0 a 3,0	1,5 a 2,5	>3,2
Raiz branca (%)	>80	>80	>70	>50
Altura da lignificação do caule (cm)	6 a 10	3 a 5	<3	>10
Área foliar específica (AFE- m ² /Kg)	9 a 14	8 a 17	13 a 21	10 a 11
Aderência do substrato às raízes	Bem aderido	Medianamente aderido	Pouco aderido	Bem aderido

⁽¹⁾ Qualidade ideal para expedição para o plantio em campo; ⁽²⁾ Qualidade intermediária para expedição; ⁽³⁾ Qualidade não adequada para expedição; ⁽⁴⁾ Muda velha.

2.3 Instalação e condução do experimento em campo

Delineou-se o experimento em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas. Houve a instalação de um quinto bloco para amostragem destrutiva de biomassa de modo a não comprometer o experimento. Cada parcela foi composta por 49 plantas, distribuídas, de sete plantas por sete linhas, implantadas no espaçamento 3 m x 2,5 m, totalizando 367,5 m² por parcela. A coleta dos dados dendrométricos foi realizada dentro da parcela útil composta por 25 plantas centralizadas, sendo 5 linhas por 5 plantas, respeitando uma bordadura simples, totalizando parcela útil de 187,5 m² (Figura 7).

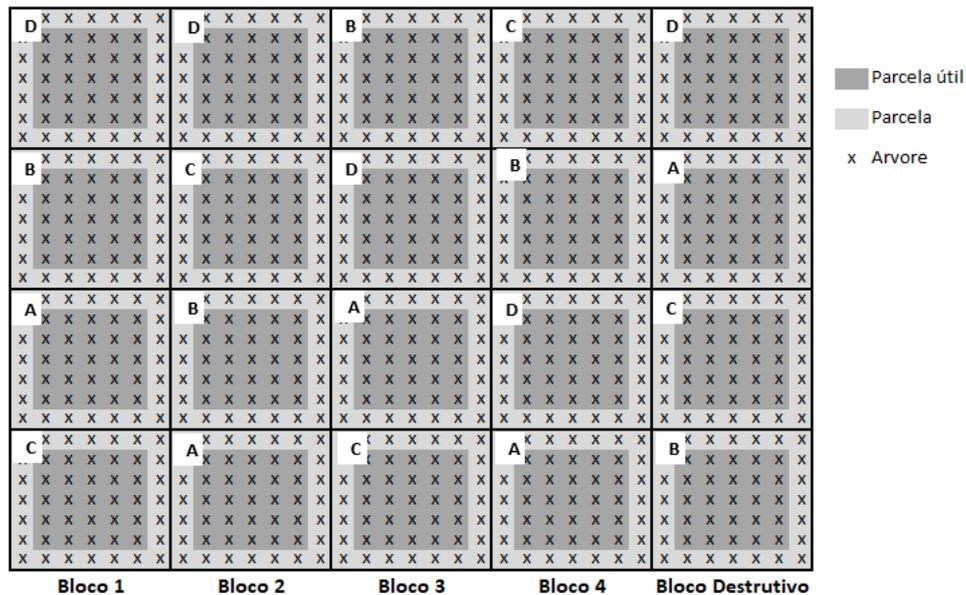


Figura 7 - Distribuição dos tratamentos na área experimental após 90 dias.

A área experimental encontrava-se coberta por um plantio clonal de híbridos de *Eucalyptus grandis x urophylla*, que foi cortado com sistema de Feller Buncher e arraste com Skidder. O preparo de solo ocorreu 90 dias após o corte raso da plantação anterior de eucalipto. A subsolagem foi realizada a 55-65cm de profundidade. Após 10 dias de preparo do solo foi realizado o plantio da área. Previamente ao plantio as mudas foram imergidas em calda cupinicida com princípio ativo Imidacloprido a 1% por 30 segundos. Após o plantio, irrigou-se o solo com três litros por muda, ação repetida no 3º e no 7º dias após o plantio.

A fertilização em campo foi parcelada em três aplicações. A primeira realizada junto com o plantio em coveta lateral foram aplicados 280 kg ha^{-1} da fórmula NPK 09-36-12 +0,2 % Zn e 0,4 % Cu. A segunda fertilização, em cobertura, foi realizada aos 5 meses pós-plantio, aplicando-se 320 kg ha^{-1} da fórmula NPK 12-00-30 +1 % B e a terceira adubação, em cobertura, ocorreu aos 12 meses pós-plantio, com aplicação de 250 kg ha^{-1} da fórmula NPK 00-00-54 +1 % B. As adubações de cobertura foram aplicadas de forma mecanizada em filete contínuo na entre linha de plantio. Os replantios de mudas mortas ocorreram aos 15 e 30 dias após o plantio.

A fim de manter a área livre de matocompetição, antes do plantio, utilizou-se herbicida pré-emergente (Flumioxazina) em área total (dosagem de 200 g ia ha^{-1}). Aos 40 dias após o plantio, aplicou-se o pré-emergente (Isoxaflutol) em área total (dosagem de 150 g ia

ha⁻¹). As demais capinas químicas foram realizadas em pós-emergência com Glifosato, por meio de jato dirigido nas plantas daninhas.

O combate às formigas foi realizado durante todo o período de condução do experimento por meio de iscas formicidas à base de sulfluramida. O primeiro controle ocorreu antes da implantação do experimento de maneira sistemática. Posteriormente, os combates anuais ocorreram de maneira localizada. Ao todo, foram realizados cinco combates na área experimental.

2.4 Avaliações

2.4.1 Aproveitamento final de mudas e sobrevivência

O aproveitamento final de mudas consistiu na contagem das mudas descartadas durante a fase de expedição até o plantio. Esse método consistiu na contagem de mudas descartadas após o procedimento de retirada do tubete e de imersão da muda em solução cupinicida. Para calcular o aproveitamento final de mudas (AFM), utilizou-se a equação 1.

$$\text{AFM} = \left(\frac{\text{Total de mudas} - \text{Mudas descartadas durante o processo}}{\text{Total de Mudas}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

O índice de sobrevivência, foi avaliado aos três, cinco, sete, 15 e 30 dias após o plantio. Todas as mudas mortas foram quantificadas, retiradas e logo em seguida fez-se o replantio. Dessa forma, o índice de sobrevivência foi expresso pela equação 2.

$$\text{Índice de sobrevivência (\%)} = \left(\frac{\text{Total de mudas plantadas} - \text{Mudas mortas}}{\text{Total de Mudas}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

2.4.2 Crescimento inicial, biomassa e índice de uniformidade das plantas

Na parcela útil de cada tratamento, mediram-se o diâmetro de colo e a altura aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio (p.p.). O índice de uniformidade em volume do

povoamento (PV50) foi calculado para as medições a partir de 12 meses de idade, por meio da equação 3. Esse índice consiste na porcentagem de volume acumulado das 50% menores árvores da parcela, considerando falhas na contabilização (HAKAMADA et al., 2015). Esta equação também foi utilizada para calcular as medições em plantas com idade inferior a 12 meses, conforme equação 4. Mas, neste caso, usou-se a altura da muda ao cubo como variável. Esse procedimento foi utilizado por Hakamada, et al. (2015), pois apenas o valor de altura apresentava baixa correlação com o índice de uniformidade, assim, ao elevá-la ao cubo, tal correlação apresentou melhora significativa.

O valor considerado no intervalo ótimo de homogeneidade de floresta (PV50) para atingir uma boa produtividade foi de 37 a 50 (HAKAMADA, 2012).

$$PV50 (\%) = \left(\frac{\sum_{k=1}^n V (ij)}{\sum_{k=1}^n V (ij)} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

PV50: porcentagem acumulada do volume individual das 50% menores árvores (utilizado para as medições a partir dos 12 meses);

V: volume individual na parcela i com idade j (m³) ou altura³ (para plantios abaixo de 12 meses) na parcela i com a idade j (m³);

n: número de árvores ordenadas da menor para maior.

$$PH50 (\%) = \left(\frac{\sum_{k=1}^n H^3 (ij)}{\sum_{k=1}^n H^3 (ij)} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

PH50: porcentagem acumulada da altura ao cubo das 50% menores árvores (utilizado para as medições abaixo de 12 meses);

H: altura ao cubo da árvore na parcela i com idade j (m³);

n: número de árvores ordenadas da menor para maior.

Após o plantio, as biomassas de caule, raiz e folhas foram medidas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias. Em cada parcela, selecionaram-se três plantas para a amostragem destrutiva, baseando-se no diâmetro de colo e na altura das plantas: planta com tamanho médio \pm o desvio padrão, essa escolha foi pautada nas pesquisas de Carneiro (1976). Cada

compartimento foi separado em sacos de papel e levados para uma estufa a 65°C durante sete dias para determinação da massa seca da matéria.

2.4.3 Índice de qualidade de Dickson

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi calculado de acordo com a equação 5 e utilizou-se as mudas na idade zero, ou seja, no viveiro (DICKSON et al., 1960). No viveiro, selecionaram-se três mudas de cada classe de qualidade, seguindo-se o mesmo padrão de seleção utilizado para a biomassa. O sistema radicular foi lavado em água corrente para retirar o substrato. Posteriormente, raiz, folha e caule foram secos separadamente em estufa de circulação forçada a 65°C por sete dias, quando se determinou a massa seca.

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSA}{MSR}\right)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

MST= Massa seca total (g);

MSA= Massa seca total da parte aérea (g);

MSR= Massa seca total da raiz (g);

H= altura da muda (cm);

DC= diâmetro de colo (mm).

2.4.4 Produtividade ao final do ciclo e índice de uniformidade do povoamento

Aos 14, 24, 38, 54 e 66 meses de idade, mensuraram-se o diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (H) das árvores. Com esses valores, estimou-se o volume individual de cada árvore por meio da equação 6 (SCHUMACHER-HALL, 1933). Os coeficientes utilizados na equação 6 foram obtidos de equações volumétricas usadas em avaliações dendrométricas comerciais da empresa onde se conduziu o experimento, ajustada para o mesmo material genético plantado.

$$V = \text{EXP}(-10,76 + 2,01 \times \ln(\text{DAP}) + 1,13 \times \ln(H)) \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que:

V: volume individual de cada árvore (m³);

ln: logaritmo neperiano;

DAP: diâmetro à altura do peito (cm);

H: Altura (m).

Com base no volume individual, pôde-se estimar o volume de madeira com casca por hectare e o incremento médio anual de madeira (IMA), por meio da equação 7.

$$\text{IMA} = \frac{(\sum_{k=1}^n V)}{I} \times \left(\frac{10000}{A} \right) \quad (\text{Eq. 7})$$

Em que:

IMA: incremento médio anual da parcela *i* na idade *j* ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

V: volume individual da parcela *i* na idade *j* ($\text{m}^3 \text{árvore}^{-1}$);

I: idade da planta (anos);

A: área da parcela (m^2).

2.4.5 Área foliar específica e índice de área foliar

A Área Foliar Específica (AFE) foi estimada aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias após o plantio, por meio da equação 8. Foram retiradas todas as folhas da planta, as quais foram armazenadas, no campo, em recipiente térmico, para, em seguida, serem levadas para laboratório. No mesmo dia da coleta, foi realizado o escaneamento de limbo foliar e, em seguida, secaram-se as folhas em estufa de circulação forçada a 65°C por sete dias, momento quando foram pesadas. A área da folha digitalizada foi determinada com suporte do software ImageJ®.

$$\text{AFE}_{ij} = \frac{A_{ij}}{MS_{ij}} \quad (\text{Eq.8})$$

Em que:

AFE_{ij}: área foliar específica da parcela *i* e idade *j* ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$);

A_{ij}: área foliar da amostra da parcela *i* e idade *j* (cm^2);

MS_{ij}: massa seca foliar da amostra da parcela *i* e idade *j* (g).

O Índice de Área Foliar (IAF) mediu-se 24 meses após o plantio com o equipamento ceptômetro AccuPAR LP-80 (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, USA). Este equipamento é uma sonda com 80 sensores quânticos de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), cuja distância, entre si, é de um centímetro. Nessa etapa, fizeram-se 24 leituras no equipamento, para as quais se utilizaram três pontos na linha e três pontos na entrelinha de plantio para cada tratamento (Figura 8). Em cada ponto, foram realizadas quatro leituras, uma em cada

ponto cardinal. Para cada bloco, houve um ponto de leitura fora do dossel (R_o). As leituras foram realizadas entre 11h30 e 13h00, em um dia de céu totalmente sem nuvens e vento.

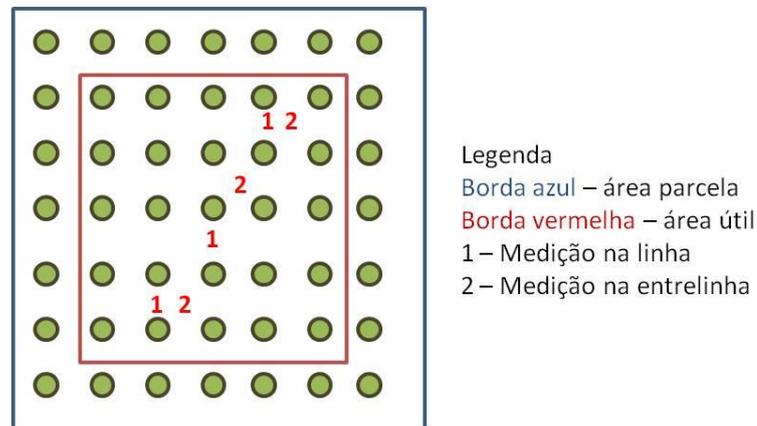


Figura 8 - Localização dos pontos de coleta de radiação RFA dentro da parcela útil do experimento

A partir das leituras médias da RFA dentro e fora do dossel aplicou-se a lei de Lambert-Beer para estimar o IAF. O valor considerado do coeficiente de extinção de luz (k) considerado foi de 0,5 (Equação 9).

$$IAF = -\frac{\ln\left(\frac{R}{R_o}\right)}{k} \quad (\text{Eq. 9})$$

Em que:

R = radiação total ativa (RFA) média da parcela;

R_o = RFA fora da parcela;

k = coeficiente de extinção de luz ($k = 0,5$).

2.4.6 Análise Estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e de homocedacidade (Box Cox). Quando necessário, transformações dos dados foram realizadas segundo o método indicado pelo software. Atendido essas suposições os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo pelo teste de F, aplicou-se o teste de m utilizando-se LSD, com 10% de probabilidade, para verificar a diferença entre os tratamentos. Os dados foram processados com auxílio do software MiniTab® 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aproveitamento final de mudas e índice de sobrevivência das mudas

O índice de sobrevivência das mudas em campo foi afetado pela qualidade delas (figura 9). Quanto aos tipos de mudas, a classe **B** apresentou índice de sobrevivência maior do que as **C** e **D**, 30 dias pós plantio. As mudas **A** apresentaram 96% de sobrevivência até os 30 dias, enquanto as **B**, 98,4%. Já as mudas **C** e **D** apresentaram sobrevivência de 92% e 91,2% respectivamente. Com esses dados podemos observar que as mudas **C** e **D** obtiveram mortalidade duas vezes maior que a padrão **A**.

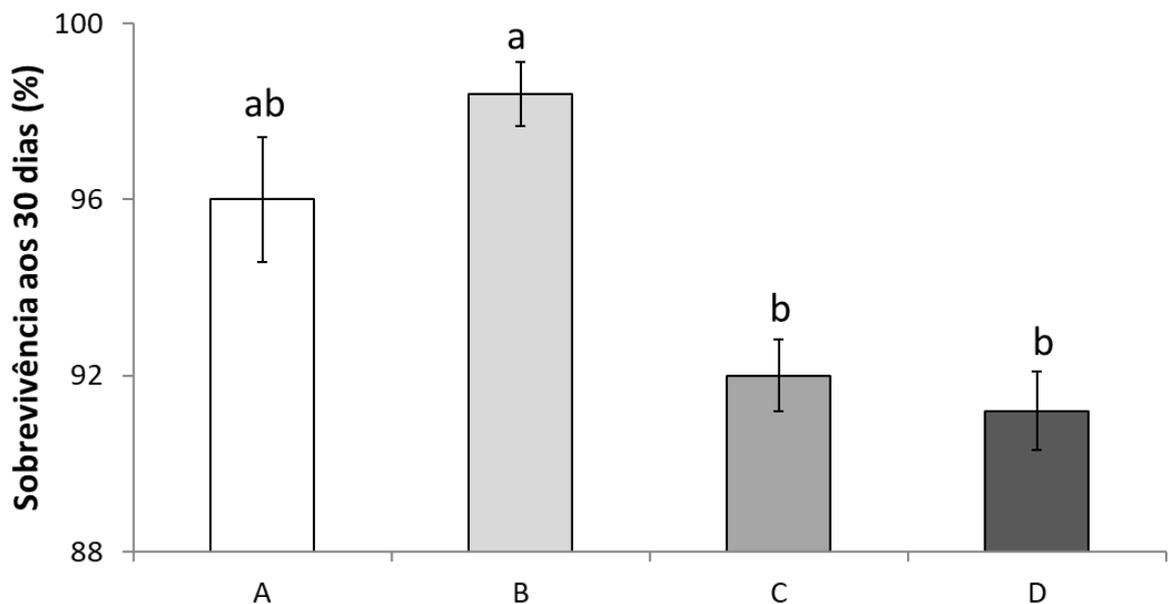


Figura 9 – Sobrevivência das plantas aos 30 dias pós-plantio considerado apenas a parcela útil. Barras indicam erro padrão, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

Carneiro (1976) concluiu que a idade influencia a sobrevivência de *Pinus taeda*, já que as mudas mais velhas, de 11 meses, apresentaram sobrevivência maior que as mais novas, oito meses. Esta afirmação do autor, contudo, foi refutada por este trabalho, visto que se percebeu que quanto mais velha a muda, menor a sobrevivência em campo. Essa diferença entre os estudos pode associar-se ao fato de que, nesta pesquisa, a taxa de sobrevivência foi acima de 90%, enquanto que, no trabalho realizado por Carneiro (1976), a sobrevivência em campo ficou abaixo de 76%, indicando que outros fatores podem ter influenciado a

mortalidade de mudas em campo (condições edafoclimáticas, espécie estudada, uso de sementes ao invés de clones, entre outras).

A utilização de mudas de boa qualidade é considerado fator essencial para o estabelecimento de povoamentos com elevada sobrevivência (STAPE et al., 2001). Tal constatação foi reiterada por este trabalho, o qual obteve resultados que demonstraram que o uso de mudas com diferentes padrões de qualidade pode influenciar significativamente a sobrevivência e o estabelecimento das mudas em campo. Essa diferença em sobrevivência pode ligar-se ao sistema radicular, uma vez que baixa umidade no solo pode reduzir o ritmo de crescimento das raízes, gerando consequências negativas para a sobrevivência em campo (CARNEIRO, 1995 *apud* LOFTUS JR, 1975).

A qualidade de mudas afetou também o aproveitamento final em campo. O padrão C obteve um menor aproveitamento e o padrão A foi o que apresentou o melhor aproveitamento final de mudas (Figura 10). As mudas classificadas como A e B obtiveram um alto aproveitamento final (acima de 90%) e as mudas padrão D tiveram um aproveitamento final de 89%, enquanto as mudas C o aproveitamento foi de apenas 76%. O principal fator ligado a essas perdas estava relacionado ao sistema radicular. As mudas padrão C, por possuírem um sistema radicular pouco aderido ao substrato, geraram grandes perdas no processo de retirada do tubete e transporte principalmente devido a trepidação do trator e caminhão aumentando descarte dessas mudas.

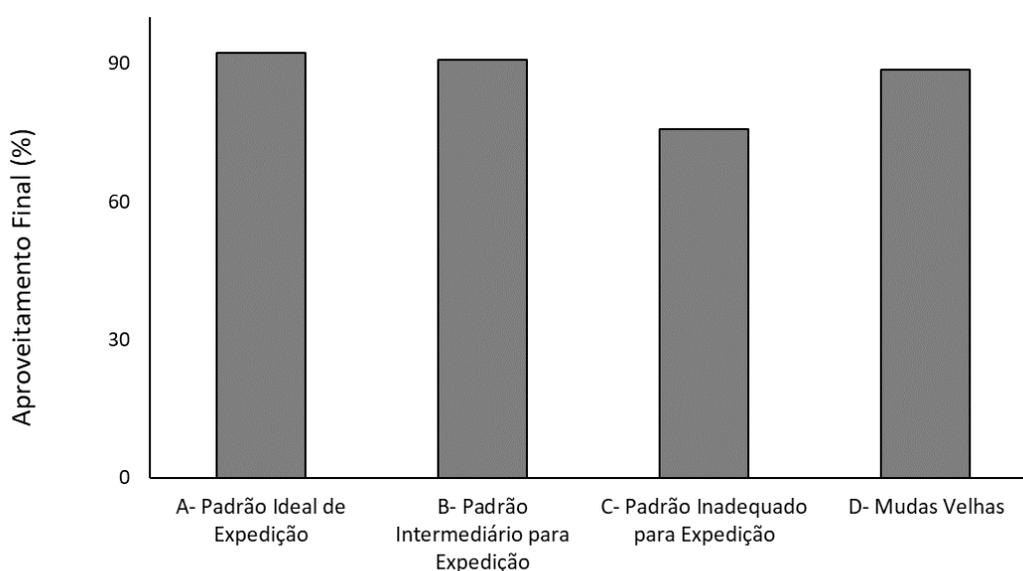


Figura 10 - Quantidade de mudas descartadas e replantadas por padrão de qualidade.

Constatou-se que deve-se enviar 24% a mais de mudas para estabelecer uma floresta com mudas padrão **C** e para mudas padrão **A**, deve-se enviar um excedente de apenas 8% para campo. Considerando um plantio de 10.000 hectares ao ano, com densidade de 1333 plantas por hectare isso significaria uma redução de produção no viveiro de 2,1 milhões de mudas.

3.2 Crescimento inicial das árvores, biomassa e índice de uniformidade.

Neste trabalho, observou-se que a altura foi influenciada pela qualidade e pela idade das plantas até os 120 dias (Tabela 4). Especificamente, as mudas com maior idade (padrão **D**) apresentaram o menor incremento em altura quatro meses depois da implantação. Para o diâmetro de colo, observaram-se os efeitos também até os 120 dias. Nesse período, as mudas de qualidade **C** apresentaram um desenvolvimento em diâmetro menor do que as mudas padrão **A**.

As mudas tipo **A, B, C e D**, apresentaram aos 120 dias pós-plantio alturas de 97 cm, 86 cm, 75 cm e 95 cm, e, diâmetro de colo de 20 mm, de 17 mm, de 15 mm e de 18 mm, respectivamente. O diâmetro de colo da muda padrão **A** foi superior à do padrão **C** dos 60 aos 120 dias após o plantio em campo. Os valores de incremento de altura e diâmetro entre os 30-60 dias, 60-90 dias e 90-120 dias podem ser observados na tabela 4.

Entre 90 e 120 dias após o plantio, constatou-se, em todos os padrões de qualidade, um grande aumento no diâmetro e na altura das mudas. Esse incremento não se correlacionou com os dados de precipitação pluvial e temperatura média do ar. Mas, pode se relacionar ao desenvolvimento fisiológico da planta, visto que as mudas, nos primeiros meses, desenvolveram o sistema radicular e, após os 90 dias, começaram a investir carbono em biomassa de folhas e tronco conforme observado na tabela 5 e figura 11.

O crescimento inicial em altura e de diâmetro de colo foi influenciado pela qualidade das mudas até os 120 dias, assim como a biomassa total foi influenciada pelas diferentes qualidades até os 90 dias (tabela 5). No geral, a muda padrão **C** produziu menos biomassa foliar e radicular, menos galhos+caule e menos biomassa total até os 120 dias após o plantio.

Assim observou-se que os padrões de qualidade das mudas impactam o diâmetro de colo e de altura do plantio em campo até os 120 dias, ao contrário do observado por Dobner Júnior, et al. (2013) para mudas de *Pinus taeda*.

Tabela 4. Incremento em diâmetro de colo e altura dos 30 aos 60, dos 60 aos 90 e dos 90 aos 120 dias após o plantio das mudas de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamento	Diâmetro de colo (dia)			Altura (dia)		
	30-60	60-90	90-120	30-60	60-90	90-120
	mm			cm		
A	2,5 ± 0,1 a	4,4 ± 0,4 a	8,2 ± 0,3 a	10,6 ± 1,1 a	13,0 ± 1,3 a	39,5 ± 2,1 a
B	2,1 ± 0,2 ab	4,0 ± 0,8 a	7,8 ± 0,6 ab	11,1 ± 1,8 a	12,4 ± 1,5 a	35,0 ± 3,4 ab
C	1,8 ± 0,2 bc	3,5 ± 0,7 a	7,1 ± 0,6 b	9,5 ± 0,6 a	11,7 ± 2,6 a	33,4 ± 4,0 ab
D	2,1 ± 0,1 ab	4,2 ± 0,5 a	7,4 ± 0,2 ab	9,2 ± 0,7 a	10,7 ± 1,2 a	32,1 ± 1,3 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

Tabela 5. Biomassa foliar, caule+galhos, raiz e total aos 30, 60 e 90 dias após o plantio das mudas.

Tratamento	Biomassa Folha (dias)			Biomassa Caule + Galhos (dias)		
	30	60	90	30	60	90
	g			g		
A	1,1 ± 0,1 b	8,2 ± 3,8 a	26,6 ± 5,8 a	1,2 ± 0,2 a	4,6 ± 1,7 a	16,1 ± 2,2 a
B	0,7 ± 0,2 bc	5,1 ± 1,0 bc	21,2 ± 6,8 a	0,5 ± 0,2 b	2,8 ± 0,8 b	12,9 ± 3,8 a
C	0,5 ± 0,3 c	3,2 ± 2,0 c	11,3 ± 4,3 b	0,3 ± 0,1 b	1,2 ± 0,6 c	5,9 ± 2,2 b
D	1,7 ± 0,5 a	6,4 ± 1,4 ab	20,6 ± 4,4 a	1,5 ± 0,4 a	4,7 ± 0,8 a	14,4 ± 2,7 a

Tratamento	Biomassa Raiz (dias)			Biomassa Total (dias)		
	30	60	90	30	60	90
	g			g		
A	1,2 ± 0,1 b	2,1 ± 0,9 a	7,4 ± 1,1 a	3,5 ± 0,3 b	14,8 ± 6,3 a	50,1 ± 8,6 a
B	1,8 ± 0,5 a	1,4 ± 0,1 ab	4,4 ± 2,2 bc	3,0 ± 0,8 b	9,3 ± 1,9 bc	38,5 ± 12,6 a
C	0,9 ± 0,4 b	0,9 ± 0,8 b	2,8 ± 1,2 c	1,7 ± 0,4 c	5,3 ± 3,4 c	19,9 ± 7,6 b
D	2,2 ± 0,8 a	1,8 ± 0,2 a	6,9 ± 1,6 ab	5,4 ± 1,5 a	12,9 ± 2,3 ab	41,1 ± 2,2 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

Foram observados efeitos da qualidade das mudas e da idade sobre a biomassa das plantas 120 dias após o plantio (Figura 12). Dobner Júnior, et al. (2013) concluíram que alguns sítios não apresentaram diferença de biomassa aos 150 dias pós plantio quando comparados os tratamentos com diferentes tubetes. Nesse trabalho obteve-se resultados diferentes aos encontrados por Dobner Júnior, et al. (2013), uma vez que, apresentou diferenças até os 120 dias.



Figura 11 - Aspecto do enraizamento das mudas padrão **A**, **B**, **C** e **D** com 15 dias (1), 30 dias (2), 60 dias (3) e 90 dias (4) pós-plantio.

Constatou-se que, aos 120 dias, as mudas padrão **C** apresentavam biomassa radicular inferior à muda padrão **A**, fator que explica a maior sobrevivência da muda **A** e também seu diâmetro maior de colo e de altura, aos 120 dias pós-plantio. A maior quantidade de raízes pode indicar um melhor estabelecimento inicial e, conseqüentemente, favorecer o crescimento desse tipo de muda (figura 11 e 12).

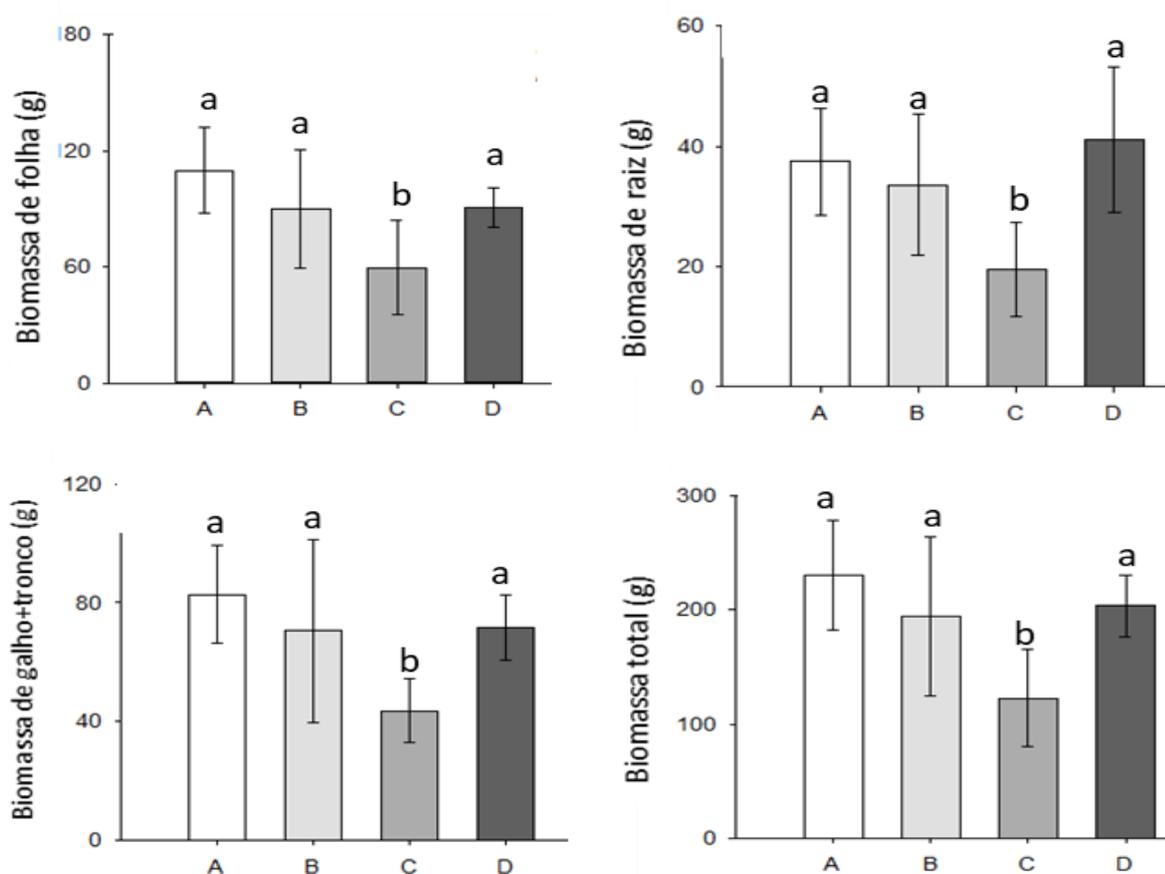


Figura 12 - Massa seca de folhas, caule+galhos, raízes e total aos 120 dias pós plantio das mudas nos cinco padrões de qualidade. Barras indicam desvio padrão, médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

As cinco classes de mudas apresentaram diferentes índices de qualidade de Dickson (IQD), sendo o maior observado nas mudas padrão D (Tabela 6). O IQD para as mudas A, B, C e D foi de 0,7; 0,4; 0,2 e 0,9, respectivamente. O padrão C foi considerado inferior quando comparado aos demais. Com esses dados, foi possível notar que o IQD não representou bem o tipo de muda que melhor se estabeleceu em campo. Isto pode ter ocorrido pelo fato de esse índice ser muito influenciado pelo diâmetro de colo da muda. Neste trabalho foram utilizadas mudas velhas que conseqüentemente apresentam maior diâmetro.

A AFE apresentou variação significativa entre as classes de mudas até os 120 dias, sendo maior nos padrões C e A, sugerindo que a massa seca foliar dessas plantas foi baixa em relação à sua área (Tabela 6). Demonstrando assim que as folhas eram mais finas e largas.

A homogeneidade do plantio, dada pelo indicador PH50, foi inferior nas mudas da classe **C** até os 120 dias pós-plantio (Tabela 6). O PH50 é um índice que indica a homogeneidade da floresta e possui forte influência com a produtividade. O padrão **C** apresentou menor índice de uniformidade quando comparado aos demais padrões **D** aos 60, 90 e 120 dias. No entanto, assim como o IQD, ele não conseguiu explicar o melhor estabelecimento e arranque inicial do padrão **A**. Contudo, 120 dias pós-plantio é uma idade precoce para avaliar o PH50. Hakamada (2012) usou como idade de referência para esta variável a idade de 24 meses. Outro fator que pode ter influenciado é o fato que o PV50 é fortemente influenciado por falhas e buscou-se nesse experimento manter todos os tratamentos com a máxima sobrevivência. Além de que, a qualidade de mudas poder não influenciar a homogeneidade da floresta desde que seja realizado o plantio de mudas com mesmo padrão de qualidade e crescimento juntas.

Tabela 6. Índice de Qualidade de Dickson (IQD), Área Foliar Específica e PV50 aos 60, 90 e 120 dias.

Trat	IQD	Área Foliar Específica			PH50		
		60 dias	90 dias	120 dias	60 dias	90 dias	120 dias
		cm ² g ⁻¹			%		
A	0,701 ± 0,109 b	18 ± 0,55 a	14 ± 0,43 c	15 ± 2,60 ab	35 ± 2,9 ab	33 ± 1,57 b	33 ± 1,9 a
B	0,436 ± 0,038 c	17 ± 1,06 b	15 ± 1,11 bc	14 ± 1,09 b	33 ± 3,9 bc	35 ± 3,81 a	33 ± 5,6 a
C	0,206 ± 0,048 d	18 ± 0,38 ab	18 ± 1,15 a	16 ± 0,87 a	30 ± 3,7 c	27 ± 4,28 c	28 ± 3,6 c
D	0,941 ± 0,209 a	17 ± 0,99 b	16 ± 0,58 b	13 ± 0,91 b	36 ± 1,2 a	35 ± 2,69 a	32 ± 6,9 b

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

3.3 Produtividade ao final do ciclo

O volume do povoamento foi afetado significativamente pela qualidade das mudas até os 64 meses de idade (Figura 13). Até os 38 meses pós-plantio, as mudas padrão **A** apresentavam maior produção de madeira em relação às mudas **D**, todavia as diferenças entre tratamentos diminuíram ao longo do tempo, sendo que aos 66 meses as mudas padrão **B** possuíam maior volume quando comparada ao padrão **D**. No caso do povoamento clonal de eucalipto, aos 14 meses, apresentavam, respectivamente, um volume de 14,6; 13,0; 12,9 e 11,7 m³ ha⁻¹ para cada um dos padrões **A**, **B**, **C** e **D**. Quando se comparou o povoamento florestal estabelecido com mesma idade aos 14 meses, porém com qualidades diferentes de mudas, o padrão **A**, quando comparado ao **C**, apresentou uma produtividade média 12% superior; já em relação à muda **D**, a diferença foi de 20%. Isso mostra que as mudas velhas

apresentam um arranque inicial no campo inferior as mudas com padrão ideal para expedição. Aos 66 meses de idade o volume encontrado foi de $259 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $268 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$; $267 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e $236 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para os padrões A, B, C e D respectivamente. Isso equivale a um IMA ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de 47; 48,7; 48,6 e 43 respectivamente.

Segundo Mead (2004), a produtividade é limitada, majoritariamente, pelo clima, seguida do solo, da genética e, por último, da silvicultura. Essa afirmação pode explicar a inversão de resposta dos tratamentos aos 54 meses, mostrando que devido ao maior arranque inicial as mudas A começaram a ser limitadas pela água primeiro que as demais. Isso acontece, pois com o fechamento das copas e com o aumento acarretado pela competição de recursos, principalmente, de água, os elementos, clima e solo, começaram a atuar mais cedo como limitadores para esse padrão de mudas.

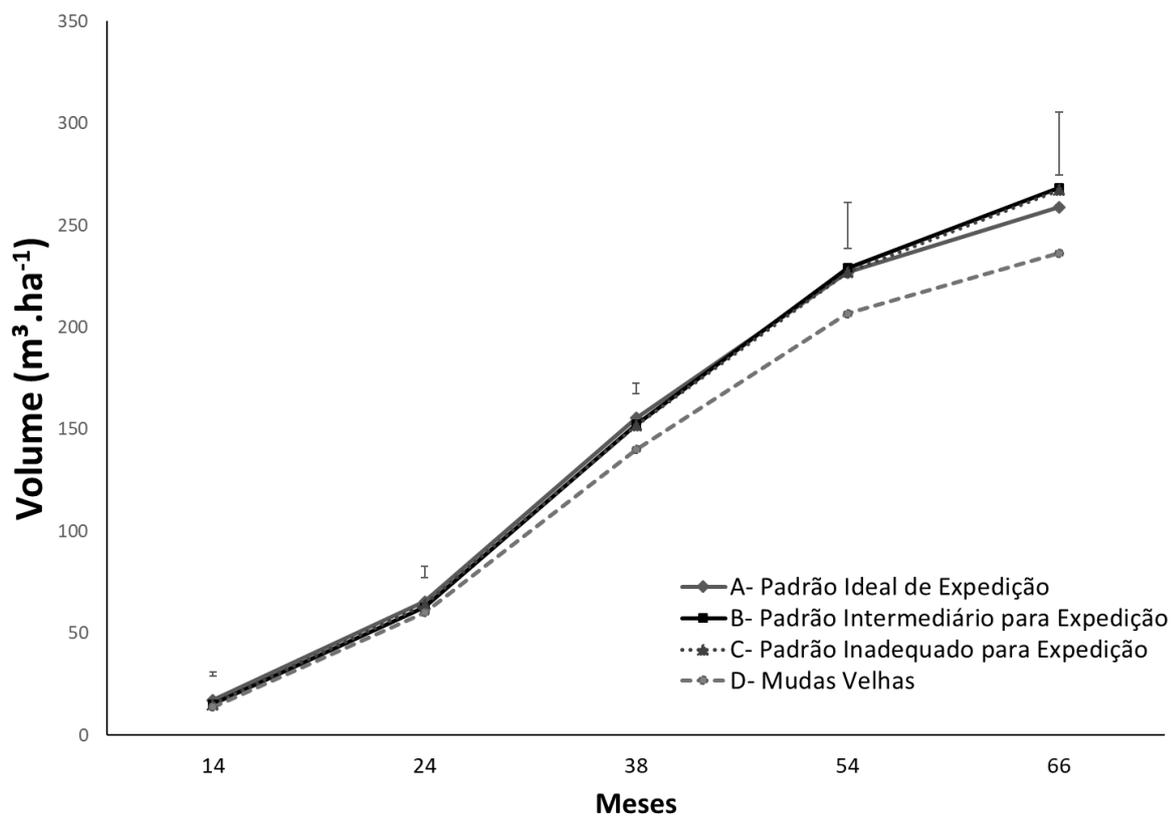


Figura 13 - Volume acumulado aos 14, 24, 38, 54 e 66 meses de idade das plantas de *E. grandis x urophylla* sob diferentes qualidades de mudas. As barras indicam as diferenças mínimas significativas a 10% de probabilidade pelo teste de LSD.

As mudas tendem a se igualar em produtividade, após alguns meses de implantação em campo, foi afirmada em diversos trabalhos acadêmicos. Ao analisar mudas com alturas maiores, semelhante as mudas de qualidade **D** nesse trabalho, observou-se correlação, *Eucalyptus grandis* com crescimento em altura em campo até os seis meses, no inventário de 18 meses, essa diferença não se percebeu mais (CARNEIRO, 1995 apud BORGES, et al., 1980). Neste trabalho obtivemos respostas diferentes, sendo que as mudas consideradas velhas para expedição (qualidade **D**) apresentaram menores produtividades até os 66 meses de idade. Com o intuito de entender melhor essa inversão dos valores, analisou-se o incremento corrente anual (ICA), já que uma das premissas afirma que a competição por recursos naturais, entre as mudas nos tratamentos **A, B** e **C**, começou antes do que a das mudas velhas, fazendo com que o ICA destas fosse menor, o que justificaria o alcance e inversão na produtividade, que as mudas **C** tiveram após os 54 meses. Não houve diferença estatística entre as qualidades de mudas e os ICAs (Tabela 7). Isto corrobora a hipótese de que os fatores limitantes eram a água e os nutrientes, a partir dos 24 meses.

Tabela 7. Incremento Corrente Anual (ICA) ao longo da rotação de cultivo para as diferentes qualidades de mudas.

Tratamento	ICA			
	12-24	24-36	36-48	48-60
	m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹			
A- Padrão Ideal de Expedição	33,1 ^{ns}	51,9 ^{ns}	79,4 ^{ns}	57,3 ^{ns}
B- Padrão Intermediário para Expedição	40,4 ^{ns}	55,9 ^{ns}	79,0 ^{ns}	56,4 ^{ns}
C- Padrão Inadequado para Expedição	41,4 ^{ns}	54,7 ^{ns}	77,4 ^{ns}	58,2 ^{ns}
D- Mudas Velhas	30,7 ^{ns}	48,4 ^{ns}	70,4 ^{ns}	55,1 ^{ns}

* = $p < 0,1$ e ns = $p > 0,1$.

A uniformidade em volume, dada pelo índice PV50, não variou significativamente entre os tratamentos entre 14 e 54 meses de idade (Tabela 8). Devido aos altos valores do PV50, 40 para o padrão **A** e 41 para os demais padrões, confirma-se que o experimento foi operacionalmente bem conduzido, ou seja, houve poucas falhas e baixa variação no volume individual das árvores. Ao final do ciclo, o tratamento com a muda padrão **A** obteve sobrevivência de 99%, a **B**, de 97%, a **C**, de 99% e as **D**, de 98%. Tais dados indicam, também, que as variações de produtividade observadas até os 66 meses relacionam-se aos padrões morfológicos das mudas instaladas no campo e não à heterogeneidade operacional.

Os blocos foram, inteiramente, instalados com mudas da mesma qualidade, permitindo-se competição homogênea entre as plantas. Caso o plantio tivesse ocorrido com qualidades diferentes, é possível afirmar que haveria diferença no arranque inicial, possivelmente gerando mudas dominadas e um plantio mais heterogêneo. Nessas condições, existiria a possibilidade de o PV50 apresentar números menores e, conseqüentemente, reduzir a produtividade ao final do ciclo mesmo um plantio com as mudas **A**, **B** e **C**. Outro fator que contribuiu para a uniformidade da floresta e da produtividade similar ao final do ciclo, consiste no fato de terem sido realizados replantios de modo a obter 100% de sobrevivência. É possível notar que todos os tratamentos estão dentro do intervalo ótimo de uniformidade (37% a 50%) aos 24 meses.

Tabela 8. PV50 (%) aos 14, 24, 38 e 54 meses de idade do povoamento de *E. grandis* x *E. urophylla*.

Tratamento	PV50			
	14	24	38	54
	%			
A	41 ± 1,5	40 ± 1,5	35 ± 2,3	30 ± 2,4
B	39 ± 5,6	41 ± 3,2	36 ± 4,5	32 ± 5,0
C	39 ± 1,0	41 ± 0,8	36 ± 1,0	32 ± 1,7
D	39 ± 3,7	41 ± 3,6	37 ± 4,1	33 ± 4,4
<i>p-Value</i>	0,8497	0,9864	0,7749	0,4461

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ($p > 0,1$).

3.4 Relações entre qualidade de muda e crescimento da árvore

As qualidades de mudas, definida a partir do IQD, apresentaram correlações positivas e significativas com as variáveis diâmetro do caule e biomassa de folhas quando nos 60 dias de idade (Tabela 9). Houve também correlação positiva com o PV50 nas avaliações até 120 dias. Nas idades posteriores, não houve correlações entre IQD e os parâmetros de crescimento das árvores.

Um dos principais fatores a observar nos viveiros, a fim de obter maior eficácia no plantio das mudas, é a porcentagem das falhas. Apesar de tal constatação, não foi possível correlacionar o IQD com o índice de sobrevivência das diferentes qualidades de mudas (Tabela 9). Por esse motivo, selecionar as mudas no viveiro com um alto IQD não resultará em um melhor arranque inicial ou melhor estabelecimento em campo.

Segundo Carneiro (1979), vários autores utilizam parâmetros morfológicos que apresentam correlação com estabelecimento de mudas em campo. Dentre eles, destacam-se o diâmetro de colo, a altura, a relação entre diâmetro de colo e altura e a massa seca da raiz dividido pela massa seca total. Apesar de reconhecidos, neste estudo, nenhum desses parâmetros se correlacionou significativamente com a sobrevivência em campo, o que indica que outros fatores devem ser analisados no momento da seleção de mudas, como, por exemplo, a segmentação delas em padrões de qualidade, conforme demonstrou-se neste trabalho.

Tabela 9. Coeficientes de correlação de Pearson entre o índice de qualidade de Dickson (IQD) e as variáveis observadas para falhas — diâmetro de colo (DC), altura (H), biomassa de folha (BF), biomassa de caule+galhos (BC), biomassa radicular (BR), biomassa total (BT), área foliar específica (AFE), PH50, volume, PV50 e IAF — nas etapas de estabelecimento e de desenvolvimento do povoamento florestal.

Parâmetros		Correlação de Pearson (Idade)			
		30 dias	60 dias	90 dias	120 dias
IQD versus (idade 0-Viveiro)	Falhas	-0,181 ^{ns}			
	DC		0,5733*	0,4843 ^{ns}	0,4892 ^{ns}
	H		0,5077 ^{ns}	0,4448 ^{ns}	0,2016 ^{ns}
	BF		0,0356*	0,0677 ^{ns}	0,1932 ^{ns}
	BG		0,2763 ^{ns}	0,1198 ^{ns}	0,4613 ^{ns}
	BR		0,4639 ^{ns}	0,2738 ^{ns}	0,2043 ^{ns}
	BT		0,2163 ^{ns}	0,1505 ^{ns}	0,2871 ^{ns}
	AFE		-0,2898 ^{ns}	-0,0165 ^{ns}	-0,0392 ^{ns}
	PV50 (H ³)		0,6340*	0,6337*	0,6253*
		14	24	38	54 meses
IQD versus (idade 0-Viveiro)	Volume	-0,29224 ^{ns}	-0,30087 ^{ns}	-0,13414 ^{ns}	-0,04469 ^{ns}
	PV50	-0,06892 ^{ns}	-0,31276 ^{ns}	-0,32586 ^{ns}	-0,20164 ^{ns}
	IAF	-	-0,20834 ^{ns}	-	-

* = $p < 0,05$ e ns = $p > 0,05$.

4 CONCLUSÃO

As mudas consideradas não ideais para expedição apresentam maiores taxas de replantio e menor aproveitamento de mudas ao final do processo produtivo (CORROBORADA);

O arranque inicial de um povoamento clonal de *E. grandis x urophylla* é maior quanto mais adequada a muda está para expedição (CORROBORADA);

A produtividade de madeira ao final do ciclo é maior quanto maior for o nível de qualidade das mudas (CORROBORADA);

Mudas com qualidade superior (ideal para expedição) geram florestas com maior uniformidade (NÃO CORROBORADA).

Ao longo da pesquisa, da observação das mudas e da sistemática organização dos padrões, concluiu-se que a qualidade das mudas impacta diretamente o aproveitamento final, o estabelecimento e o crescimento inicial de povoamento clonal de *E. grandis x urophylla*. Neste trabalho, observou-se que mudas de padrões inferiores acarretaram menor aproveitamento final, bem como sobrevivência o que, conseqüentemente, aumentou o custo de implantação. As mudas mais velhas apresentaram menor arranque inicial, sendo observadas diferenças significativas até os 66 meses quando comparado com as mudas em idade ideal de plantio.

Desse modo, é possível concluir que mudas padrão **C** e **D** irão gerar mais custos para formação de florestas, devendo assim ser evitadas o seu envio para campo. Os lotes devem sempre ser padronizados de modo que não exista variação entre as as qualidades de mudas dentro do mesmo lote, devido as diferenças de arranque inicial observadas nesse trabalho.

5 APLICAÇÕES PRÁTICAS

Aproveitamento final de mudas

Considerando-se os valores de aproveitamento final de mudas, levantados neste trabalho, para um plantio de 10.000 hectares por ano e uma densidade de 1.333 plantas por hectare é necessário uma produção extra de aproximadamente 2 milhões de mudas quando o padrão da muda é o **C** relativamente ao padrão **A**. Essa diferença gera maior necessidade de mão de obra, insumos e área disponível de viveiro. Assim as mudas padrão **C** aumentam em 1,7% o custo de implantação ou reforma florestal.

Necessidade de replantio

O padrão de qualidade de mudas afeta diretamente o índice de sobrevivência das mudas. Considerando que uma empresa florestal utilize o valor de 5% de limite de falhas como aceitável, ao decidir realizar o plantio de mudas de qualidade **A**, quando comparadas à **C** ou **D**, não haverá a necessidade de replantio. Caso o viveiro envie para plantio mudas velhas (padrão **D**), ou não rustificadas o suficiente (padrão **C**), haverá a necessidade de replantio, o que aumentará o custo de implantação ou reforma em aproximadamente 6%.

Perda de produtividade

Caso se decida expedir para campo mudas com padrão inferior e não realizar o replantio (mesmo com porcentagens de falha acima de 6%), ao utilizar mudas **C** e **D**, haverá influência no PV50 e também na produtividade florestal. Lemos et al. (2012) mostraram que, a cada 1% de falhas, há diminuição de 1% na produtividade de madeira. Para cada 1 ponto de redução no índice de uniformidade da floresta (PV50) equivale a um decréscimo de 0,63 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de madeira com casca (HAKAMADA et al., 2015).

Seleção de mudas

O plantio de mudas com diferentes padrões de qualidade causa um aumento na heterogeneidade de plantio, pois as mudas padrão **B**, **C** e **D** apresentam menor arranque inicial, sendo dominadas pelas árvores originadas de mudas padrão **A**. Isso poderá acarretar perdas de produtividade e aumento dos custos de implantação ou reforma florestal. Desse modo, é importante a padronização dos lotes do viveiro, sendo que qualidades de mudas iguais devem ser plantadas em conjunto.

Redução de plantas daninhas

Mudas com melhor arranque inicial podem reduzir os custos de implantação florestal, uma vez que ocorre o sombreamento do solo, o que reduz a infestação de plantas daninhas (CARNEIRO, 1995). Este fato não foi observado neste trabalho, pois o experimento foi implantado próximo à época seca, reduzindo, naturalmente, a pressão de plantas daninhas. No entanto, ao observar os dados de crescimento em altura e diâmetro de colo aos 120 dias e de biomassa de folhas aos 90 dias das mudas padrão **A**, em comparação com a **C**, é possível que exista um potencial de redução de custo com capina nos plantios que ocorrerem em épocas chuvosas. Assim, o aumento do índice de sobrevivência e a maior efetividade de controle de plantas daninhas geram considerável diminuição do custo de implantação ou reforma florestal na ordem de 5 a 10%.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728 p., 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013**. Brasília: ABRAF, p.149, 2013.
- CARNEIRO, J. G. A. Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda*, L. para plantio definitivo. **Mestrado em Ciências**, 84 p., Universidade Federal do Paraná- UFPR, 1976.
- CARNEIRO, J. G. A. Produção e Controle de Qualidade de Mudas Florestais. Viçosa: **Editora Folha de Viçosa**, 451 p., 1995.
- DA CUNHA, G. A. P.; REINHARDT, D. H. R. C.; CALDAS, R. C. Efeito da época de plantio, tamanho da muda e idade da planta na indução floral sobre o rendimento do abacaxizeiro 'Pérola' na Bahia. **EMBRAPA/CNPMPF**, 1993.
- DIAS, M. J. T.; SOUZA, H. A.; NATALE, W.; MODESTO, V. C.; ROZANE, D. E. Adubação com nitrogênio e potássio em mudas de goiabeira em viveiro comercial. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.2837-2848, 2012.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960
- DOBNER JR, M.; TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; SAITZ, R. A. Influência do volume do tubete e do método de plantio no crescimento de um povoamento de *Pinus taeda* aos nove anos de idade. **Scientia Forestalis**, v.41, p.007-014, 2013.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v.43, p.373-384, 2013.
- PEREIRA, L.C.; NETO, F.L. 2004. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. **EMBRAPA Meio Ambiente Documentos**, v.43, 2004.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore. Sociedade de Investigações Florestais**. v.29, p.853-861, 2005.
- FREITAS, T. A. S.; FONSECA, M. D. S.; SOUZA, S. S. M.; LIMA, T. M.; MENDONÇA, A. V. R.; SANTOS, A. P. Crescimento e ciclo de produção de mudas de *Eucalyptus* em recipientes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.33, p.419-428, 2013.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGILORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore. Sociedade de Investigações Florestais**, v. 26, p. 515-523, 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing *eucalyptus* plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, v. 70, p. 105-118, 2008.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**, cap. 1, p. 3–55, 2000.

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

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

HAKAMADA, R. E.; STAPE, J. L.; LEMOS, C. C. Z.; ALMEIDA, A. E. A.; SILVA, L. F.; Uniformidade entre árvores durante uma rotação e sua relação com a produtividade em *Eucalyptus* clonais. **CERNE**, v.21, n.3, p.465-472, 2015.

HAKAMADA, R. E.; Uso do inventário florestal como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultura em povoamentos clonais de *Eucalyptus*. **Mestrado em Recursos Florestais**, 115 p., Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ-USP, 2012.

LACLAU, J. P.; SILVA E. A.; LAMAS, G. R.; BERNOUX, M.; MAIRE, G.; STAPE, J. L.; BOUILLET, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; JOURDAN, C.; NOUVELLON, Y. Dynamics of soil exploration by fine roots down to a depth of 10m throughout the entire rotation in *Eucalyptus grandis* plantations. **Frontiers on Plant Science**, v. 4, article 243, 2013.

LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; BARREIRA, S.; MORAIS, T. R.; FARIA, M. V. Doses do ácido indolbutírico no enraizamento e crescimento de estacas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*). **Biosci. J., Uberlândia**, v.24, p.13-18, 2008.

LELES, P. S. S.; CARNEIRA, J. G. A.; NOVAES, A. B.; BARROSO, D. G. Crescimento e arquitetura radicial de plantas de eucalipto oriundas de mudas produzidas em blocos prensados e em tubetes, após o plantio. **CERNE**, v.7, p. 010-019, 2001.

LOPES, E. D.; AMARAL, C. L. F.; NOVAES, A. B. Qualidade de mudas de *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* produzidas em blocos prensados e em dois modelos de tubetes e seu desempenho em campo. **Revista Floresta**, v.44, p.589-596, 2014.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, v.31, p.835-843, 2007.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; NASCIMENTO, H. C. S. Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. **Photosynthetica**, v.47, n.2, p.184- 190, 2009.

MEAD, D. J. Opportunities for improving plantation productivity. How much? How quickly? How realistic?. **Biomass & Bioenergy**, v.28, p. 249-266, 2004.

OLIVEIRA, K. F.; SOUZA, A. M.; SOUSA, G. T. O.; COSTA, A. L. M.; FREITAS, M. L. M. Estabelecimento de Mudanças de *Eucalyptus spp.* e *Corymbia citriodora* em Diferentes Substratos. **Floresta e Ambiente**, v. 21, p. 030-036, 2014.

OSONE, Y.; ISHIDA, A.; TATENO, M. Correlation between relative growth rate and specific leaf area requires associations of specific leaf area with nitrogen absorption rate of roots. **New Phytologist**, v.179, n.2, p.417-427, 2008

PEZZUTTI, R. V.; CALDATO, L. S. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros de colo. **Ciência Florestal Santa Maria**, v.21, p.335-362, 2011.

PEZZUTTI, R. V.; SCNUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* em resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, p. 117-125, 1999.

RENA, P. T.; GUIMARÃES, P. T. G. Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 80, 2000.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica (L.F.) D. Don*. **Revista Ciência Florestal**, v. 10, p1-15, 2009.

SILVA, RICHARDSON B. G.; SIMOES, DANILO; DA SILVA, MAGALI R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla x E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 297-302, 2012.

STAPE, J.L.; Production ecology of clonal *Eucalyptus* plantations in northeastern Brazil. **Doutorado em Fisiologia**, 25p., Colorado State University, 2002.

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

TAMBOSI, M. C.; LAJÚS, C. R.; MANFROI, E.; ZARYCHTA, D.; ECHER, G.; PARIZE, G. L.; VANIN, M.; LANGHINOTTI, C. W.; DEMARTINI, R.; RANZAN, T. estudo de diferentes métodos na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage) via propagação assexual por estaquia. **Universidade Chapecó**, 2012.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Centeron: Drexel Institute of Technology**, Laboratory of Climatology, p.104,1955.

VIEIRA, E. L.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R.; SILVA, J. S. Manual de fisiologia vegetal. São Luis: EDUFMA, 230 p., 2010.

ZANI, J. F.; BALLONI, E. A. Enraizamento de estacas de *Eucalyptus*: efeitos do substrato e do horário de coleta do material vegetativo. **IPEF**, n.40, p. 39-42, 1988.