

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL**

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E PRODUÇÃO
DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.)
Brenan**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ezequiel Gasparin

Santa Maria, RS, Brasil.

2012

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE
MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan**

Ezequiel Gasparin

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal.**

Orientadora: Prof. Dra. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS, Brasil

2012

G249a Gasparin, Ezequiel

Armazenamento de sementes e produção de mudas de *Parapiptadenia rigida*
(Benth.) Brenan / por Ezequiel Gasparin. – 2012.

146 p. ; il. ; 30 cm

Orientador: Maristela Machado Araujo

Coorientador: Marlove Fátima Brião

Muniz Coorientador: Lia Rejane Silveira

Reiniger

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de
Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2012

1. Angico-vermelho 2. Conservação de sementes 3. Mudas florestais
4. Plantio a campo I. Araujo, Maristela Machado II. Muniz, Marlove Fátima
Brião III. Reiniger, Lia Rejane Silveira IV. Título.

CDU 630.232

Ficha catalográfica elaborada por Cláudia Terezinha Branco Gallotti – CRB 10/1109
Biblioteca Central UFSM

©2012

Todos os direitos autorais reservados a Ezequiel Gasparin. A reprodução de partes ou do
todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan**

elaborada por
Ezequiel Gasparin

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Maristela Machado Araujo, Dra.
(Presidente/Orientadora)

Alexandre Augusto Nienow, Dr. (UPF)

Liliane Marcia Mertz, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 20 de janeiro de 2012.

Dedico este trabalho
especialmente aos meus pais,
Dino e Zenaide Gasparin, e
demais familiares e amigos,
que sempre me apoiaram
na minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de realização do mestrado.

À CAPES pela bolsa concedida, fundamental para a efetivação desta pesquisa.

À minha orientadora, professora Dra. Maristela Machado Araujo, pela oportunidade, orientação, parceria, amizade e todo o esforço prestado ao longo deste período.

Às co-orientadoras, Dra. Marlove Fátima Brião Muniz e Dra. Lia Rejane Silveira Reiniger, pelas colaborações no desenvolvimento deste estudo.

Aos professores Dr. Alexandre Augusto Nienow e Dra. Liliane Marcia Mertz pela disponibilidade em participar da banca de avaliação, contribuindo para qualificação deste trabalho.

Ao professor Dr. Alberto Cargnelutti Filho pelas sugestões e ensinamentos na análise estatística.

Aos funcionários do Viveiro Florestal, Élio, Gervásio, Maria e João pela convivência, auxílio nos trabalhos e amizade.

À secretária do PPGEF/UFMS, Tita, pelo apoio e amizade.

À acadêmica Caira Viñas Tolfo, bolsista (FIPE/UFMS) no projeto, pela ajuda na condução dos experimentos, além do companheirismo e amizade. Ao Eng. Florestal Douglas R. B. Foltz, pela amizade e auxílio inicial na execução dos trabalhos.

À amiga, doutoranda, Angela Luciana de Avila, por todo o apoio. Aos demais colegas e amigos do laboratório, Gisele, Suelen, Daniele Rorato, Adriana, Thaíse, Fernando, Carla, Daniele Urrutia, Eduardo, Thairini, Jessé e Patrícia pelo convívio e amizade.

Aos meus pais (Dino e Zenaide), irmã (Andréia), tias (Zaida e Carmen) e demais familiares, por tudo.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram na minha formação como pessoa e profissional.

*"De tudo, ficam três coisas:
a certeza de que estamos sempre começando;
a certeza de que é preciso continuar;
e a certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminarmos.
Façamos da interrupção um caminho novo;
da queda, um passo de dança;
do medo, uma escada;
do sonho, uma ponte;
da procura, um encontro."*

Fernando Sabino

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

AUTOR: EZEQUIEL GASPARIN

ORIENTADORA: DRA. MARISTELA MACHADO ARAUJO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 20 de janeiro de 2012.

Parapiptadenia rigida (angico-vermelho) é uma espécie florestal nativa que apresenta ampla distribuição natural no território brasileiro, utilizada principalmente para construções rurais, lenha e carvão, além de desempenhar papel fundamental na restauração florestal. Apesar disso, há carência de estudos e a exploração predatória desta espécie compromete sua conservação e perpetuação. O presente estudo teve como objetivos avaliar a influência do armazenamento, em diferentes condições de armazenamento e embalagens, sobre a qualidade fisiológica das sementes, e investigar o efeito de volumes de tubete e doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) sobre o crescimento das mudas produzidas em viveiro e seu desempenho a campo. Foram coletadas sementes de 28 árvores no município de Santa Maria (RS) e, após beneficiadas, identificou-se o substrato mais adequado para a condução do teste de germinação. Em seguida, as sementes foram armazenadas em três condições (câmara fria, geladeira e ambiente de laboratório), acondicionadas em três tipos de embalagem (papel, plástico e vidro) por um período de 420 dias. Periodicamente, foram retiradas amostras dessas condições para avaliação da qualidade fisiológica das sementes. Na etapa de viveiro, foi avaliado o efeito de cinco doses de FLC, NPK (18-05-09), nas doses de 0 (testemunha), 3, 6, 9 e 12 g L⁻¹ de substrato, combinados com três volumes de tubete (50, 110 e 180 cm³). Foram realizadas avaliações da altura (H), diâmetro coleto (DC), relação H/DC, massa seca da parte aérea, do sistema radicular e total, e teor de macro e micronutrientes da parte aérea das plantas. Os mesmos tratamentos foram avaliados no campo, durante um período de 300 dias, verificando-se a taxa de sobrevivência inicial e mensuradas a H, o DC e calculada a H/DC. Os resultados obtidos permitem inferir que o teste de germinação pode ser conduzido utilizando-se o substrato entre areia, com contagem inicial das plântulas aos quatro dias e final aos dez dias após a semeadura. O armazenamento das sementes em geladeira e embalagem de papel foi o mais adequado na conservação por 420 dias, podendo também utilizar embalagens de plástico e vidro na mesma condição. Para a produção de mudas com padrão para plantio, recomenda-se a dose de 9 g L⁻¹ de substrato em tubete de 180 cm³. No pós-plantio, este recipiente teve desempenho superior, independentemente das doses de FLC, as quais apresentaram comportamento linear crescente no tempo, devido ao esgotamento do FLC no substrato e provável lixiviação dos nutrientes.

Palavras-chave: Angico-vermelho. Conservação de sementes. Mudanças Florestais. Plantio a campo.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Professional Graduation Program in Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

SEEDS STORAGE AND SEEDLING PRODUCTION of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

AUTHOR: EZEQUIEL GASPARIN

ADVISER: DRA. MARISTELA MACHADO ARAUJO

Defense Place and Date: Santa Maria, January 20nd, 2012.

Parapiptadenia rigida (angico-vermelho) is a native forest specie with wide natural distribution in the Brazilian territory, mainly used for rural construction, firewood and charcoal, and play a key role in forest restoration. Nevertheless, there are few studies and predatory exploitation of this specie undertakes preservation and perpetuation. The present study aimed to evaluate the influence of storage at different storage conditions and packages on the physiological quality of seeds, and investigate the effect of containers level and doses of controlled release fertilizers (FLC) on growth seedling grown in nurseries and performance in the field. The seeds were collected from 28 trees in Santa Maria (RS) and, after processed, was identified the most suitable substrate for the conduct of the germination test. Then, the seeds were stored in three conditions (cold chamber, refrigerator and laboratory environment), packed in three types of package (paper, plastic and glass) for a period of 420 days. Periodically, samples were taken of these conditions to evaluate the physiological quality of seeds. In the nursery stage, was examined the effects of five doses of FLC, NPK (05-18-09) at doses of 0 (control), 3, 6, 9 and 12 g L⁻¹ substrate, combined with three volumes of containers (50, 110 and 180 cm³). Evaluations were made of the height (H), stem diameter (DC), H/DC, dry mass of shoot, root and total, and macro and micronutrient content of the shoots. The same treatments were evaluated under field, during a period of 300 days, verifying the rate of initial survival and measured to H, DC and calculated the H/DC. The results showed that the germination test can be conducted using the substrate of sand in, with initial count of seedlings to four days and the final ten days after sowing. The seed storage in the refrigerator and package paper was the most appropriate storage for 420 days and can also use plastic and glass in the same condition. For the production of seedlings with standard for planting it, is recommended the level of 9 g L⁻¹ of substrate in container of 180 cm³. In the post-planting, this container has high performance, regardless of the levels of FLC, which increased linearly in time due to depletion of the FLC in the substrate and likely leaching of nutrients.

Keywords: Angico-vermelho. Seeds conservation. Forest seedlings. Planting in the field.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Recipientes para produção de mudas florestais, do tipo tubete, constituídos por polipropileno de seção circular e com abertura inferior, para auxiliar na poda radicular, de diferentes capacidades: 280, 180, 110 e 50 cm³.....34
- Figura 2 - Representação geral da relação entre o teor foliar e o crescimento ou produção das plantas. Os intervalos representam: I e II – deficiência severa; III – deficiência leve; IV e V – consumo de luxo e VI – toxidez. Fonte: adaptada de Marschner (1995).....38
- Figura 3 - Porcentagem de germinação acumulada de sementes de *Parapiptadenia rigida* em diferentes substratos, SPMB (sobre papel mata-borrão), SV (sobre vermiculita), EV (entre vermiculita), SA (sobre areia), EA (entre areia) e RP (rolo de papel) após a semeadura.....55
- Figura 4 - Grau de umidade de sementes de *Parapiptadenia rigida* armazenadas em diferentes ambientes: (A) câmara fria, (B) geladeira e (C) ambiente de laboratório, acondicionadas em embalagens de papel, plástico e vidro durante 420 dias.....60
- Figura 5 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento.....61
- Figura 6 - (A) Porcentagem de germinação e (B) índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento.65
- Figura 7 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, em função das doses de FLC, nos diferentes períodos de avaliação, na fase de viveiro.....84
- Figura 8 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação, na fase de viveiro.85
- Figura 9 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), na fase de viveiro. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada dose de FLC diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.88
- Figura 10 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, em função das doses de FLC, nos diferentes períodos de avaliação, na fase de viveiro.....90
- Figura 11 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação, na fase de viveiro.91
- Figura 12 - Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Parapiptadenia rigida* produzidas em diferentes volumes de tubetes, 50 cm³ (A), 110 cm³ (B) e 180 cm³ (C), em função das doses de FLC, nos períodos de avaliação, na fase de viveiro.93

Figura 13 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , avaliadas aos 90 (A) e 150 dias (B), em função das doses de FLC, na fase de viveiro.	95
Figura 14 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> (A), e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas produzidas em tubetes de 50, 110 e 180 cm ³ , em função das doses de FLC, aos 210 dias em viveiro (B). *Médias não seguidas pela mesma letra em cada dose de FLC diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.	97
Figura 15 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , produzidas em tubetes de 50, 110 e 180 cm ³ , aos 210 dias em viveiro. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada tubete diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.	99
Figura 16 - Efeitos da aplicação de fertilizante de liberação controlada (FLC), combinada com diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm ³), no teor de macronutrientes de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) da parte aérea (caule + folhas) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> aos 210 dias em viveiro.	105
Figura 17 - Efeitos da aplicação de fertilizante de liberação controlada (FLC), combinada com diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm ³), no teor de micronutrientes de B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) da parte aérea (caule + folhas) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> aos 210 dias em viveiro.	111
Figura 18 - Taxa de sobrevivência de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , 30 dias após o plantio no campo, em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC).	117
Figura 19 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm ³), em função dos períodos de avaliação na fase de plantio no campo. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada período de avaliação diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.	118
Figura 20 - Crescimento em altura de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> em função das doses fertilizante de liberação controlada (FLC) na fase de plantio no campo.	119
Figura 21 - Crescimento em altura de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm ³), em função dos períodos de avaliação na fase de plantio a campo. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada período de avaliação diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.	120
Figura 22 - Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> em função das doses de FLC nos diferentes períodos de avaliação, na fase de plantio a campo.	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de primeira contagem de germinação, plântulas normais, anormais, sementes mortas e índice de velocidade de germinação (IVG) de <i>Parapiptadenia rigida</i> em diferentes substratos no teste de germinação (SMPB – sobre papel mata-borrão, SV – sobre vermiculita, EV – entre vermiculita, SA – sobre areia, EA – entre areia e RP – rolo de papel).....	54
Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento.....	61
Tabela 3 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) e embalagens, durante 420 dias de armazenamento	63
Tabela 4 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de <i>Parapiptadenia rigida</i> acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL= geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento	64
Tabela 5 - Atributos químicos do subsolo utilizado para preenchimento das covas, no plantio a campo de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , Santa Maria (RS).....	80
Tabela 6 - Equações de regressão e dose de máxima eficiência técnica (DMET) estimadas para o crescimento em diâmetro do coleto (DC) e altura (H), de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , nos diferentes períodos de avaliação na fase de viveiro	84
Tabela 7 - Efeitos de diferentes volumes de tubetes no crescimento em diâmetro do coleto (DC), altura (H) e relação H/DC, de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> nos períodos de avaliação na fase de viveiro	86
Tabela 8 - Teores de nutrientes da parte aérea (caule + folhas) de mudas de <i>Parapiptadenia rigida</i> , produzidas em diferentes doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) e volumes de tubetes, aos 210 dias em viveiro	103

LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1 - Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Parapiptadenia rigida* verificadas no teste de germinação ao longo do armazenamento. Legenda: co – cotilêdones; hp – hipocótilo e rp – raiz primária. 141
- Apêndice 2 - Plântulas anormais (P. A.) e sementes mortas (S. M.) de *Parapiptadenia rigida* verificadas no teste de germinação ao longo do armazenamento. 142
- Apêndice 3 - Aspecto das sementes de *Parapiptadenia rigida* nos diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) e embalagens (vidro, papel e plástico) aos 420 dias de armazenamento. 143
- Apêndice 4 - Aspectos da produção de mudas, na fase de viveiro, de *Parapiptadenia rigida*, (A) crescimento em casa de vegetação, (B) testemunha (sem FLC), (C) sintoma visual de toxidez e (D) etapa de rustificação a céu aberto. Viveiro Florestal/UFSM, Santa Maria/RS. 144
- Apêndice 5 - Aspectos do plantio no campo de *Parapiptadenia rigida*, (A) abertura das covas com auxílio de um perfurador de solo acoplado num trator, (B) covas circulares de 0,05 m³, (C) covas preenchidas com terra de subsolo, (D) mudas plantadas no local (E) fertilização de cobertura aos 30 dias e (F) planta danificada por lebre. Viveiro Florestal/UFSM, Santa Maria/RS. 145
- Apêndice 6 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes, 50 cm³ (A), 110 cm³ (B) e 180 cm³ (C), em função das doses de FLC, nos períodos de avaliação (tempo), na fase de viveiro. 146

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	17
2.2 Armazenamento de sementes	18
2.2.1 Fatores que afetam a longevidade das sementes.....	20
2.2.1.1 Fisiologia das sementes.....	20
2.2.1.2 Morfologia das sementes	21
2.2.1.3 Composição química.....	21
2.2.1.4 Maturidade das sementes	22
2.2.1.5 Manipulação das sementes.....	22
2.2.2 Efeitos do ambiente de armazenamento sobre as sementes	23
2.2.2.1 Umidade relativa	23
2.2.2.2 Temperatura.....	24
2.2.2.2 Embalagens	25
2.2.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes	26
2.3 Produção de mudas de espécies florestais	28
2.3.1 Recipientes.....	32
2.3.2 Fertilização	36
CAPÍTULO I - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan ARMAZENADAS EM DIFERENTES AMBIENTES E EMBALAGENS	43
3 INTRODUÇÃO	45
4 MATERIAL E MÉTODOS	49
4.1 Coleta e beneficiamento das sementes.....	49
4.2 Qualidade fisiológica inicial	49
4.3 Teste de germinação.....	50
4.4 Qualidade fisiológica durante o armazenamento.....	51
4.5 Delineamento experimental e análise dos dados.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
5.1 Teste de germinação.....	53
5.2 Qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento	57
6 CONCLUSÕES	69
CAPÍTULO II - FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E VOLUME DE TUBETES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan E CRESCIMENTO INICIAL PÓS-PLANTIO	71
7 INTRODUÇÃO	73
8 MATERIAL E MÉTODOS	77
8.1 Produção de mudas em viveiro	77
8.2 Plantio das mudas a campo	79
8.3 Análise estatística	81

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
9.1 Crescimento das mudas em viveiro.....	83
9.2 Análise nutricional da parte aérea das mudas.....	100
9.3 Crescimento inicial a campo	116
10 CONCLUSÕES	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
APÊNDICES.....	141

1 INTRODUÇÃO GERAL

As regiões da América Latina e do Caribe possuem 49% da superfície territorial coberta por florestas, representando 22% da cobertura florestal mundial, de modo que o Brasil detém 13% da área florestal global, sendo considerado um dos países mais ricos em florestas no mundo (FAO, 2011).

No entanto, desde o início da colonização do Brasil, o bioma Mata Atlântica tem passado por diversas modificações de conversão de florestas para outros usos, podendo-se observar, atualmente, um cenário de elevada fragmentação e destruição de habitats, ameaçando a biodiversidade (PINTO et al., 2009). Diante dessa situação, diversas ações têm sido realizadas com o objetivo de restaurar este bioma e incentivar o desenvolvimento da silvicultura de espécies florestais nativas de múltiplos usos. Como exemplos, podem-se citar o Pacto pela Restauração da Mata Atlântica e o Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais (PENSAF). Esses programas têm como prioridade a conservação da biodiversidade, mantendo e valorizando os serviços ambientais, de modo que proporcionem ganhos econômicos aos produtores rurais, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais para o Brasil (PENSAF, 2006; PACTO, 2009).

Entretanto, existem diversos desafios a serem superados na silvicultura de espécies florestais nativas, para fins ambientais e econômicos, devido à falta de pesquisas e desenvolvimento tecnológico para produção de sementes e mudas, o que é básico para o sucesso de projetos de conservação e reflorestamento.

A produção de sementes florestais envolve desde as atividades de seleção de áreas e material genético, marcação de árvores matrizes, coleta e beneficiamento, até o armazenamento e controle de qualidade das sementes (PIÑA-RODRIGUES; NOGUEIRA; PEIXOTO, 2007). Porém, devido à irregularidade temporal na produção de sementes da maioria das espécies florestais, faz-se necessário determinar as melhores condições para o armazenamento, possibilitando a manutenção da qualidade e vigor, formando um estoque para atender à demanda de viveiros ou mesma para a conservação *ex situ*.

A taxa de deterioração das sementes durante o armazenamento é influenciada pela interação de fatores bióticos e abióticos, sendo que condições

ambientais, como elevada temperatura e umidade relativa, aceleram a deterioração (MARCOS FILHO, 2005). Além disso, a preservação da qualidade fisiológica também está relacionada ao tipo de embalagem utilizada, conforme sua permeabilidade ao vapor d'água entre as sementes e a atmosfera circundante (VILLELA; PERES, 2004).

O tempo de estocagem de sementes florestais, associado a diferentes tipos de embalagens, são fundamentais na preservação da viabilidade e vigor, uma vez que cada espécie pode apresentar comportamento diferenciado diante de condições semelhantes (SOUZA et al., 2011).

Para a produção de mudas de qualidade superior é necessário investigar as técnicas mais adequadas utilizadas em viveiro, as quais corresponderão às maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial no pós-plantio. A demanda por mudas de porte superior e de crescimento rápido tem sido crescente, resultado da tecnologia de produção que está em constante evolução para os reflorestamentos (HAASE, 2008).

A produção de mudas em viveiros está relacionada com diversos outros aspectos. O simples fato de escolher qual o tipo de recipiente a ser utilizado para o crescimento das plantas ditará o *layout* do local, tipo de suporte para acomodação dos recipientes, sistema de irrigação, substrato utilizado, forma de semeadura, práticas de fertilização, custo de produção e assim por diante (WILKINSON; LANDIS, 2009).

A escolha de insumos, materiais e técnicas empregadas devem ser planejadas de acordo com o objetivo da produção, espécie a ser propagada, tamanho final da muda, levando-se também em conta aspectos de viabilidade econômica e disponibilidade dos produtos.

Nas últimas décadas, a produção de mudas em recipientes aumentou consideravelmente, existindo diferentes tipos e tamanhos, dando-se preferência ao uso de recipientes menores, em razão do baixo custo e da maior produção de plantas por unidade de área (DOMINGUEZ-LERENA et al., 2006).

Os tubetes de polipropileno têm sido os recipientes mais difundidos atualmente, apresentando vantagens como: melhor qualidade do sistema radicular, maior grau de mecanização, menor consumo de substrato, maior produção de mudas por unidade de área e menor custo de transporte (GONÇALVES et al., 2005). Os modelos mais recentes de recipientes estão focados no aumento da qualidade

do sistema radicular e desempenho no plantio a campo (LANDIS; DUMROESE, 2009).

De acordo com Close et al. (2009), alguns fatores estimularam a produção de mudas em recipientes maiores, como menores danos durante o manuseio na implantação, elevada relação raiz/parte aérea e maior biomassa total. Os mesmos autores mencionam que, em nível fisiológico, a maior relação raiz/parte aérea proporciona relações hídricas mais favoráveis, beneficiando a taxa de crescimento e maior biomassa total, resultando em maiores estoques de carboidratos disponíveis para remobilização logo após o plantio.

A fertilização é uma das práticas mais importantes na produção de mudas, especialmente quando as plantas são produzidas em recipientes com volume limitado, que afeta o seu crescimento (LANDIS, 1989). Essa variável cultural pode acelerar ou atrasar o crescimento da planta, alterar a composição nutritiva dos tecidos, tendo efeitos sobre os níveis de reserva, resistência ao estresse hídrico, frio e enfermidades, afetando todos os atributos de qualidade de uma muda florestal (OLIET et al., 1999).

O uso de fertilizantes de liberação controlada é uma alternativa para a adubação em viveiros, devido ao mecanismo de liberação lenta dos nutrientes, ao longo do tempo, de modo que, com uma única aplicação, pode-se fornecer os elementos minerais para a planta por longos períodos, variando de 3-18 meses (JACOBS; SALIFU; SEIFERT, 2005). Entre suas principais vantagens destacam-se: fornecimento regular e contínuo de nutrientes para as plantas, redução de perdas por lixiviação, menor frequência de aplicação, redução da poluição ambiental pelo NO_3^- e menor custo de produção (SHAVIV, 2001).

Entretanto, para validar a qualidade superior das mudas produzidas em viveiro é necessário avaliar o comportamento no plantio a campo, especialmente a taxa de sobrevivência e crescimento inicial. Assim, é possível realizar recomendações mais precisas sobre quais práticas ou combinações são mais eficientes num programa de reflorestamento.

Por meio do monitoramento ao longo dos anos, desde a sobrevivência e crescimento inicial da muda, no primeiro ano, até a fitomassa formada no quinto ano, será possível obter um programa de controle de qualidade destinado a produzir

mudas com adequadas características e máximo retorno em termos de sobrevivência e crescimento a campo (BIRCHLER et al., 1998).

Neste contexto deve-se destacar a *Parapiptadenia rigida*, espécie com ampla distribuição natural no território brasileiro, desempenhando papel fundamental na recuperação de áreas degradadas, além de ser indicada para fins paisagísticos, na construção civil, carpintaria e também por apresentar lenha e carvão de boa qualidade (BACKES; IRGANG, 2009).

Considerada como uma espécie de uso múltiplo, possui madeira de grande durabilidade natural, sendo amplamente utilizada por pequenos produtores rurais, em construções rurais e usos externos, no entanto, o extrativismo ilegal do angico-vermelho é crescente, apesar de sua elevada regeneração natural. É comum relatos de elevada mortalidade de indivíduos adultos em ambientes naturais, porém é necessário investigar melhor esse fato.

Dentre as nativas, o angico-vermelho é a preferida para se fazer lenha e carvão, devido ao elevado poder calorífico da madeira. Pode ser recomendada para plantios de recuperação de áreas de preservação permanente ou mesmo consorciada com outras espécies, na reserva legal, podendo-se realizar o manejo, a fim de se obter renda extra na propriedade rural.

Devido à carência de estudos sobre os aspectos silviculturais de *Parapiptadenia rigida*, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar técnicas adequadas para produção de sementes e mudas desta espécie. Como objetivos específicos, têm-se: 1) avaliar a influência do armazenamento, em diferentes condições de ambiente e embalagem, sobre a qualidade fisiológica das sementes, e 2) investigar o efeito de diferentes tamanhos de tubetes e doses de fertilizante de liberação controlada no crescimento das mudas produzidas em viveiro, assim como seu desempenho a campo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan

Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan, pertencente à família Fabaceae, é conhecida popularmente como angico-vermelho, angico-roxo, angico-gurucaia, entre outros. Árvore de grande porte (20 a 35 m), podendo atingir diâmetro entre 60 a 120 cm, a espécie ocorre naturalmente na Argentina, Bolívia, Paraguai, Uruguai e Brasil (Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul), sendo abundante na Floresta Estacional sul-brasileira e dominante em matas de galeria ou de várzea (MARCHIORI, 1997; CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009).

O angico-vermelho comporta-se como espécie heliófila, indiferente às condições físicas do solo, e pioneira, na sucessão de capoeiras e florestas secundárias (MARCHIORI, 1997). A espécie é considerada agressiva, apresentando intensa regeneração natural em clareiras na floresta e sob povoamentos implantados, onde ocorre naturalmente em diferentes tipos de solo, entretanto o plantio em solos excessivamente úmidos e de baixa fertilidade química deve ser evitado (CARVALHO, 2003).

O mesmo autor descreve que o angico-vermelho tolera baixas temperaturas, sendo que árvores adultas nas florestas suportam até -11 °C. A floração da espécie ocorre de novembro a janeiro e a frutificação de junho a julho (MARCHIORI, 1997), com flores hermafroditas, a polinização é realizada principalmente por abelhas, enquanto a dispersão dos frutos é realizada via autocórica, anemocórica e hidrocórica (CARVALHO, 2003).

Os indivíduos dessa espécie apresentam ramificação precoce, do tipo simpodial, e inclinação inicial da planta, necessitando de tutor na fase de implantação. Além disso, não apresenta desrama natural, sendo indicado o uso de espaçamentos menores nos plantios, a fim de corrigir a tortuosidade do fuste (CARVALHO, 2003).

Conforme Eibl et al. (1994), as sementes de angico-vermelho apresentam comportamento recalcitrante em relação ao armazenamento, porém Fowler e

Carpanezzi (1998) sugerem comportamento intermediário, podendo as sementes serem armazenadas em embalagem de polietileno, na câmara fria, por 12 meses, mantendo 56% de germinação.

A madeira de *Parapiptadenia rigida* é muito resistente, pesada (0,89 a 0,95 g cm⁻³) e de grande durabilidade natural, bastante valorizada para construções rurais (moirões, postes, estacas e vigas), dormentes, carpintaria, obtendo-se lenha e carvão de boa qualidade. Além disso, a espécie é recomendada para o paisagismo e ótima para reflorestamentos mistos de áreas degradadas, possuindo associação simbiótica com *Rhizobium* (MARCHIORI, 1997; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003; BACKES; IRGANG, 2009).

O angico vermelho, por apresentar ampla distribuição natural, em diferentes sítios e regiões geográficas, possui relevante importância na utilização para recuperação ambiental ou reflorestamentos, contudo, verifica-se, na literatura, carência de estudos a respeito da autoecologia e aspectos silviculturais, comprometendo a perpetuação e cultivo desta espécie promissora (FARIAS; HOPPE; VIVIAN, 2005).

2.2 Armazenamento de sementes

As áreas naturais exercem importante papel como fonte de propágulos para a produção de mudas de espécies nativas. A proteção dos recursos naturais renováveis pode ser realizada por meio da conservação *in situ* ou *ex situ*. A conservação *in situ* implica na manutenção de um povoamento maduro, ou mesmo na regeneração natural ou artificial; já na *ex situ*, ao contrário, o material é protegido em um local fora da distribuição genitora (LORZA; SOUZA; NAKASHINA, 2006).

Na conservação de germoplasma vegetal *ex situ*, as amostras representativas podem ser constituídas por plantas, sementes, estacas, pólen, embriões, tecidos, células e DNA ou fragmentos (VALOIS, 1996).

Considerando-se as espécies vegetais e conservação na forma de sementes, é fundamental determinar a longevidade quando submetidas à baixa umidade e temperatura (VALOIS, 1996). O tipo de semente, o potencial de germinação e o grau

de umidade, temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento afetam diretamente o grau de deterioração das sementes (COPELAND; McDONALD, 1995).

Nos últimos tempos, houve um aumento das pesquisas relacionadas à classificação fisiológica de sementes de espécies florestais quanto à capacidade de armazenamento, devido à crescente demanda dos programas de conservação e produção florestal (DAVIDE et al., 2003). Conforme Aguiar (1995), o armazenamento das sementes que perdem a viabilidade fisiológica rapidamente é essencial, principalmente daquelas espécies que apresentam produção irregular ao longo dos anos, a fim de garantir um estoque e suprimento da demanda.

De acordo com Bonner (2008), existem pelo menos três objetivos para o armazenamento de sementes, os quais diferem entre si pela estratégia e procedimento utilizado. Em relação ao período de armazenamento, estes objetivos podem ser descritos da seguinte forma: (1) períodos curtos, entre a coleta e a semeadura; (2) vários anos (10 ou menos), para garantir um suprimento confiável de sementes na ausência de colheitas anuais e; (3) longos períodos (10 ou mais de 50 anos), para conservação de germoplasma.

A estratégia empregada dependerá dos diversos fatores que influenciam na longevidade das sementes. O termo longevidade está relacionado com o período de tempo em que a semente se mantém viável, sendo que sementes de algumas espécies se deterioram rapidamente, enquanto outras mantêm sua viabilidade por longo tempo (CARNEIRO; AGUIAR, 1993).

O processo de deterioração é determinado por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, iniciando-se a partir da maturidade fisiológica, em ritmo progressivo, e culminando com morte da semente (MARCOS FILHO, 2005).

As alterações decorrentes da deterioração são causadas por fatores genéticos, bióticos e abióticos, procedimentos de colheita, secagem, beneficiamento, manuseio e de armazenamento (VILLELA; PERES, 2004).

Diversos fatores afetam a velocidade e a intensidade de deterioração das sementes, de modo que a maturidade fisiológica estabelece uma importante transição entre a etapa de máximo potencial de desempenho, seguida de outra, caracterizada por metabolismo degenerativo, ocasionando na forma mais drástica a perda da viabilidade (MARCOS FILHO, 2005).

A seguir serão descritos os principais fatores que afetam a longevidade das sementes durante o armazenamento, assim como os efeitos do ambiente de armazenamento.

2.2.1 Fatores que afetam a longevidade das sementes

2.2.1.1 Fisiologia das sementes

As sementes, de modo geral, são classificadas em dois grupos, com base nas características de armazenamento, conforme proposto por Roberts (1973): as ortodoxas, que podem ser secas a níveis de umidade abaixo de 10% e armazenadas com sucesso a baixas temperaturas, possibilitando a manutenção da viabilidade por longo período; e as recalcitrantes, que não podem ser secas abaixo de níveis de umidade relativamente elevados (25 a 40%), não podendo ser armazenadas em temperatura abaixo de zero, o que dificulta o armazenamento.

Ellis, Hong e Roberts (1990) propuseram outra categoria e denominaram de sementes intermediárias, as quais toleram a desidratação até 12 a 15% de umidade, porém não suportam baixas temperaturas por período de tempo prolongado, mantendo sua viabilidade por alguns anos. A pesquisa que levou ao conceito do comportamento intermediário foi realizada com café (*Coffea arabica* L.), sendo que muitas espécies florestais podem ser classificadas nessa categoria.

O conhecimento do comportamento das sementes com relação aos limites tolerados de perda de água é fundamental para o armazenamento adequado das diferentes espécies, de forma a prolongar a qualidade fisiológica das mesmas (DAVIDE; SILVA, 2008).

2.2.1.2 Morfologia das sementes

É importante no contexto do armazenamento para a proteção do embrião. O tegumento rígido de algumas espécies de leguminosas, por exemplo, ajuda a manter o baixo nível do metabolismo nas sementes ortodoxas, enquanto o tegumento fino diminui o tempo de vida da semente devido à absorção de umidade e fermentos que podem ocorrer nos tecidos internos (BONNER, 2008).

Espécies que apresentam impermeabilidade do tegumento atingem, naturalmente, grau de umidade muito baixo, em torno de 4%, favorecendo sua conservação por longo período (OLIVEIRA, 2007).

A proteção natural de revestimento nas sementes pode ser atribuída à presença de cutículas externa e interna impregnadas por cera e gordura, e camadas de paredes espessas, fornecendo uma barreira de retenção de água ao redor da semente, restringindo a absorção de oxigênio e a troca de gases entre o embrião e o ambiente (BEWLEY; BLACK, 1994).

2.2.1.3 Composição química

De maneira geral, os carboidratos, as proteínas e os lipídios são as principais substâncias de reserva, mas as proporções de cada componente variam com a espécie (MARCOS FILHO, 2005). A composição química das sementes é determinada por fatores genéticos para a maioria das reservas que são depositadas no embrião, podendo se localizar nos tecidos embrionários e extraembrionários, em diferentes proporções (BEWLEY; BLACK, 1994).

Sementes oleaginosas apresentam menor potencial de armazenamento que as amiláceas, em razão de os lipídios serem hidrófobos, ou seja, não apresentam afinidade com a água; enquanto o amido é hidrofílico. Assim, sementes oleaginosas devem ser armazenadas com grau de umidade inferior ao das amiláceas (MARCOS FILHO, 2005).

No entanto, para uma grande variedade de espécies, verifica-se que ainda não há estudos que apresentem argumentos convincentes de que a composição química bruta seja fator crítico na longevidade de sementes armazenadas em condições adequadas (BONNER, 2008).

2.2.1.4 Maturidade das sementes

Muitas sementes de espécies ortodoxas são imaturas quando coletadas, afetando, provavelmente, o armazenamento, sendo que a base fisiológica desse efeito não é conhecida, indicando que sementes imaturas não são capazes de completar o acúmulo de reservas alimentares, desenvolver todas as enzimas e/ou reguladores de crescimento ou completar seu desenvolvimento celular (BONNER, 2008).

As sementes coletadas em épocas inadequadas, imaturas ou colhidas no solo apresentam, geralmente, menor percentual de germinação e vigor, se comparadas às sementes maduras. Estas, por sua vez, mantêm a germinação e o vigor por tempo superior quando armazenadas (FOWLER, 2000).

2.2.1.5 Manipulação das sementes

O manuseio das sementes pode, muitas vezes, causar danos, reduzindo a viabilidade, especialmente durante a extração e o condicionamento, como rachaduras ou rompimentos no tegumento, permitindo a entrada de microorganismos (BONNER, 2008).

A secagem pós-colheita também pode causar danos, normalmente quando se utiliza elevadas temperaturas ou por injúrias mecânicas, ocasionando desidratação excessiva, o que aumenta a velocidade e a intensidade de deterioração (MARCOS FILHO, 2005).

As sementes com elevado grau de umidade são mais sensíveis às altas temperaturas, devendo-se observar que quanto maior o grau de umidade das sementes, menor deve ser a temperatura de secagem (FOWLER, 2000).

2.2.2 Efeitos do ambiente de armazenamento sobre as sementes

2.2.2.1 Umidade relativa

A temperatura e a umidade do ambiente influenciam diretamente a germinação das sementes e, quando elevadas, aumentam sua atividade metabólica. Por causa disso, a redução desses fatores favorece a conservação de sementes ortodoxas (FOWLER, 2000). Regras empíricas indicam que a diminuição de cada 1% do teor de água das sementes (válidos para teores de água de 5 a 15%) duplica a longevidade das sementes, ou a cada 5,5°C na diminuição da temperatura (para temperaturas de 0 a 40 °C) (VILLELA; PERES, 2004).

A viabilidade das sementes é mais bem conservada quanto mais secas estiverem, contudo, para algumas espécies, verifica-se comportamento oposto a esse, ou seja, perdem a viabilidade quanto mais desidratadas estiverem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Entre essas, são exemplos típicos as espécies *Araucaria angustifolia* e *Hevea brasiliense* (MEDEIROS; EIRA, 2006).

Schmidt (2007) menciona algumas precauções práticas que podem ser tomadas para manter a umidade baixa durante o armazenamento, tais como: realizar a secagem o suficiente para diminuir o máximo a taxa de respiração; certificar-se de que as tampas dos recipientes estão bem vedadas e sem danos; armazenar as sementes em pequenas porções (ex., 50, 100 e 200 g), prevenindo a absorção de umidade quando são retiradas dos recipientes; armazenar as sementes com pequenos sacos de produtos químicos dessecantes (p. ex., sílica gel, CaO em carvão) e encher completamente os recipientes para que uma menor quantidade de ar seja armazenado com as sementes. Pode-se também utilizar embalagens a vácuo ou armazenamento com CO₂ em sacos de polietileno.

2.2.2.2 Temperatura

Afeta diretamente a velocidade das reações químicas, acelerando a respiração e o desenvolvimento de micro-organismos, de modo que sua redução beneficia o armazenamento das ortodoxas, porém a redução severa da temperatura para as sementes recalcitrantes é inadequada (MARCOS FILHO, 2005) devido à formação de cristais de gelo nos tecidos, provocando a perda da viabilidade (FONSECA; FREIRE, 2003).

Segundo Copeland e McDonald (1995), sementes com níveis de umidade abaixo de 14% não formam cristais de gelo e, quando armazenadas em ambientes com temperatura abaixo de 0°C, provavelmente, irão adquirir umidade, devido à elevada umidade relativa do ar desses locais. Assim, se as sementes forem armazenadas a baixas temperaturas, deve-se fazer o controle da umidade relativa ou o uso de embalagens impermeáveis, evitando o aumento do grau de umidade e das taxas de deterioração.

Muitas espécies podem ser armazenadas a temperatura ambiente por longos períodos, desde que estejam livres de insetos e fungos. Contudo, o armazenamento a frio é obrigatório, caso as sementes sejam propensas a perder a viabilidade naquela condição (SCHMIDT, 2000). Sementes que apresentam tegumento impermeável, o qual irá inibir a absorção de água e oxigênio da atmosfera circundante, podem ser armazenadas à temperatura ambiente (BONNER, 2008).

A temperatura próxima ao ponto de congelamento proporciona maior tempo de conservação às espécies de *Pinus* spp., como em torno de 0 a 5°C (OLIVEIRA, 2007). De maneira geral, quanto menor a temperatura e o grau de umidade, maior o tempo de viabilidade das sementes, com algumas exceções (SCHMIDT, 2007). Temperaturas de 0 a 18°C são recomendadas para a conservação de sementes ortodoxas, e, para as recalcitrantes, é indicado temperaturas entre 1 e 5°C (FOWLER, 2000).

Conforme Villela e Peres (2004), os principais sistemas de conservação são a câmara fria, a câmara seca e a câmara fria e seca. A primeira apresenta elevada umidade relativa e temperatura inferior a 10°C, sendo necessário o uso de embalagens impermeáveis, para que não ocorra o aumento da umidade das sementes. A segunda apresenta umidade em torno de 10 a 45%, sendo geralmente

utilizado dessecantes químicos e embalagens permeáveis. A última, o controle da temperatura (5 a 10°C) e umidade (40 a 45%) são feitos por meio de refrigeração e desumidificação.

2.2.2.2 Embalagens

A escolha da embalagem depende da espécie, do grau de umidade das sementes, das condições e do período de armazenamento (MARCOS FILHO, 2005). Se as sementes são estocadas com grau de umidade relativamente elevado (>10-12%), à temperatura ambiente, os processos metabólicos se iniciam. Portanto, devem-se utilizar embalagens permeáveis, para que o calor e a água produzidos pela respiração sejam removidos (SCHMIDT, 2000).

Em relação à permeabilidade à água, as embalagens podem ser classificadas em três tipos (MEDEIROS; EIRA, 2006):

a) permeáveis: permitem a troca de umidade, recomendadas para o armazenamento das sementes por curto período ou para sementes ortodoxas muito úmidas. O grau de umidade das sementes nesse tipo de embalagem oscila com a variação da umidade do ambiente (FOWLER, 2000). Exemplos: sacos de pano, plásticos perfurados e de papel;

b) semipermeáveis: restringem a passagem de água, permitindo a troca de vapor d'água entre a semente e o ambiente. O teor de água das sementes deve ser de 2 a 3% inferior ao empregado nas embalagens permeáveis (VILLELA; PERES, 2004). Exemplos: sacos plásticos de 100 a 200 micras, polietileno de baixa espessura e combinações de lâminas de papel e outro material;

c) impermeáveis: não permitem a troca de vapor d'água com o meio externo. Nessa categoria, podem-se citar como exemplos, envelopes trifoliados de polietileno ou alumínio, latas de alumínio, recipientes de vidro e outros.

Para o armazenamento de sementes ortodoxas, com baixo grau de umidade, recomenda-se o uso de embalagens herméticas, cujo principal objetivo é evitar a absorção de umidade das sementes secas (SCHMIDT, 2000).

2.2.3 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

O potencial fisiológico de um lote de sementes é resultado das características que determinam seu valor para a sementeira (MARCOS FILHO, 2005). Segundo ISTA (1981), o vigor das sementes é a soma das propriedades determinantes do nível potencial de atividade e desempenho de uma semente, ou de um lote de sementes, durante a germinação e emergência da plântula.

No entanto, torna-se difícil a utilização de apenas um teste que indique com precisão o potencial de desempenho das sementes nas mais diversas condições, existindo, então, testes que avaliam aspectos bioquímicos e outros que identificam diferenças fisiológicas (MARCOS FILHO, 2005).

Entre os diversos testes empregados na análise de sementes, um dos mais utilizados e difundidos é o teste de germinação, que é designado para estimar o número máximo de sementes que irão produzir plântulas normais por meio de resultados que sejam passíveis de repetibilidade (KARRFALT, 2008). No Brasil, as instruções para condução dos testes são apresentadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), a qual enfatiza as espécies agrícolas, sendo que, para as espécies florestais, especialmente as nativas, poucas informações são descritas.

Recentemente, com o intuito de preencher essa lacuna, foi publicado o Manual de Procedimentos para a Análise de Sementes Florestais (LIMA JUNIOR, 2010), o qual tem por objetivo contribuir para as novas Regras para Análise de Sementes Florestais, e que se encontra em fase de organização pelo Ministério da Agricultura (MAPA).

Este teste deve ser conduzido em ambiente de laboratório, sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e luminosidade, possibilitando que as sementes expressem seu máximo poder germinativo e vigor (PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA; PEIXOTO, 2004). O resultado do teste de germinação é expresso pela avaliação de plântulas normais, anormais, sementes duras, firmes, dormentes e mortas (BRASIL, 2009). Considera-se normal toda a plântula que apresente as estruturas essenciais do embrião desenvolvidas, tendo a capacidade de dar origem a uma planta normal a campo (PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA; PEIXOTO, 2004).

O teste de germinação é considerado eficiente em dois aspectos fundamentais. O primeiro refere-se sobre a capacidade de uma amostra germinar

em condições ótimas de ambiente, e o segundo é a padronização da metodologia, permitindo a repetição dos resultados (MARCOS FILHO, 1999). No entanto, segundo o mesmo autor, quando se trata da utilização dos resultados para a semeadura a campo (ou viveiro), a emergência das plântulas pode ser inferior ao observado na germinação em laboratório.

Mondo et al. (2008) recomendam que o teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* deve ser realizado na temperatura de 25°C, utilizando o substrato na forma de entre vermiculita, na presença ou ausência de luz. Porém, Ramos et al. (1995) relatam que, para essa espécie, o teste pode ser conduzido utilizando-se os substratos areia, vermiculita (nº 3), papel mata-borrão verde e branco, e papel toalha, nas temperaturas de 20 e 25°C. Wielewicki et al. (2006) propuseram, para o angico-vermelho, que o teste de germinação tenha duração de nove dias, utilizando-se o substrato rolo de papel, sugerindo que a espécie possui comportamento ortodoxo, propondo 87% para o padrão mínimo de germinação e teor de água das sementes de 17,5%.

Paralelamente ao teste de germinação, pode-se conduzir testes de vigor, os quais procuram detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes, com germinação semelhante (MARCOS FILHO, 2005). O teste de condutividade elétrica é um meio rápido e prático para avaliar o vigor de sementes, podendo ser utilizado na maioria dos laboratórios, havendo baixo custo de equipamento e treinamento de pessoal (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). É amplamente utilizado e pesquisado nos últimos tempos, principalmente, na agricultura, apesar de não ter sido adotado como prática de rotina, exceto em algumas áreas especializadas (KARRFALT, 2008).

A condutividade elétrica é baseada na premissa de que o progresso de deterioração das sementes começa com a diminuição da rigidez das membranas celulares e o aumento na permeabilidade à água, permitindo que o conteúdo celular passe para a solução com água e aumente seu valor (COPELAND; McDONALD, 1995).

Por meio da avaliação da quantidade de lixiviados liberados pelas sementes para a solução de embebição, associado ao grau de deterioração das mesmas, pode-se inferir sobre o nível de vigor daquelas sementes ou lote ou, pelo menos, o seu destino final (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Para as espécies florestais, este teste apresenta dificuldades devido à necessidade de padronizar a quantidade de sementes, o período de embebição e o volume de água no qual as sementes serão imersas (PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA; PEIXOTO, 2004).

Silva, Perez e Paula (2011) constataram que o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes armazenadas de *Psidium cattleianum*, pois os tratamentos recomendados se diferiram dos encontrados no teste de germinação, não havendo relação entre ambos. Este teste de vigor também não foi adequado para avaliar a viabilidade de sementes armazenadas de *Tabebuia roseo-alba* e *Tabebuia impetiginosa* (FILHO; PEREZ, 2009).

2.3 Produção de mudas de espécies florestais

Conforme Gomes e Paiva (2004), um dos grandes obstáculos no início do reflorestamento no Brasil foi a falta de material propagativo de boa qualidade, pois não haviam pomares de produção de sementes, além do desconhecimento sobre o comportamento das espécies em diferentes regiões ecológicas. Isso refletiu em povoamentos de baixa produtividade, forçando a busca de novas alternativas de propagação e seleção de procedências adaptadas às diferentes condições.

No entanto, a problemática persiste para os reflorestamentos com as espécies arbóreas nativas, pois as informações para produção de mudas e comportamento destas, em diferentes regiões ecológicas, são escassas, existindo apenas informações para as espécies de maior importância econômica (CARVALHO, 2000; GOMES; PAIVA, 2004).

O sucesso dos projetos de reflorestamento depende, entre outros fatores, da escolha adequada das espécies, porém, devido às múltiplas e complexas interações com o meio, o êxito no seu desempenho dependerá do conhecimento ecológico e silvicultural das espécies (CUNHA et al., 2005).

Além da escolha da espécie e da procedência de sementes, as características das mudas levadas a campo são essenciais, pois devem se adaptar às condições

adversas do meio (GOMES; PAIVA, 2008), tendo a capacidade de sobreviver e se desenvolver de forma desejável.

O tempo de formação de mudas nativas pode variar de poucos meses até períodos superiores a um ano, dependendo das técnicas empregadas no cultivo (LANG, 2007). Espécies que apresentam crescimento lento, particularmente as tardias ou clímax, são as mais difíceis de manejar em viveiro, necessitando-se de estratégias que visem à produção em menor espaço de tempo e em condições acessíveis (CUNHA et al., 2005).

Diversos fatores influenciam na produção de mudas florestais, destacando-se a qualidade das sementes, substrato, tipo de recipiente, fertilização, sombreamento, densidade de cultivo, manejo da irrigação, micorrização, controle fitossanitário, aclimação, seleção, transporte, dentre outros (SANTOS et al., 2000; BIRCHLER et al., 1998)

Cada um desses fatores pode modificar mais de uma característica nas mudas, as quais podem ser manejadas em viveiro, a fim de se obter uma resposta desejada a campo (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). São consideradas mudas de qualidade aquelas que apresentam vigor e bom estado nutricional; com altura variando entre 20 e 35 cm e o diâmetro do coleto, entre 5 e 10 mm; sistema radicular bem formado, sem enovelamento, e raízes secundárias bem distribuídas; folhas evidenciando ampla área foliar; bom aspecto fitossanitário e rustificação, ou seja, adaptadas às condições de estresse hídrico e nutricional no pós-plantio (GONÇALVES et al., 2005; GOMES; PAIVA, 2008).

Para as espécies florestais de maior importância comercial, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, tem-se aprimorado os valores de seus parâmetros de qualidade, antes de serem expedidas a campo. No entanto, para as espécies florestais nativas, os estudos ainda são incipientes e os indicativos de qualidade ainda devem ser investigados, principalmente quando estas são produzidas em diferentes recipientes (JOSÉ, 2003).

As mudas de espécies nativas produzidas em tubetes necessitam de um maior tempo de formação para serem levadas a campo, conseqüentemente, são prejudicadas pelas chuvas e irrigações, por meio da lixiviação dos nutrientes do substrato, necessitando, assim, de adubações de base e cobertura ou o uso de

fertilizantes de liberação controlada (LANG, 2007). Dessa forma, proporciona-se a reposição nutricional necessária ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

A maioria das espécies florestais nativas do bioma Mata Atlântica apresenta de média a alta demanda nutricional, porém, devido à elevada diversidade, torna-se difícil fazer recomendações de fertilização para cada espécie, de modo que essa dificuldade tem sido contornada por meio de recomendações que garantam o suprimento dos nutrientes para as espécies mais exigentes (GONÇALVES, 1995).

De maneira geral, as espécies pioneiras têm seu potencial de crescimento restringido pela carência nutricional do meio, sendo mais responsivas à fertilização, se comparadas às secundárias tardias e clímax, que apresentam respostas menos pronunciadas ao estímulo nutricional (RESENDE et al., 1999). Assim, quanto maiores as taxas de crescimento, maiores também serão as demandas nutricionais pela planta, recomendando-se fertilizações mais criteriosas para as espécies dos estágios iniciais da sucessão (GONÇALVES et al., 2005).

Existem diversos tipos de fertilizantes inorgânicos disponíveis para o uso em viveiros, variando de acordo com sua matéria-prima, quantidade de nutrientes e mecanismos de liberação (JACOBS; LANDIS, 2009). Os fertilizantes podem ser do tipo simples, que contêm apenas um dos macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio), ou compostos (mistos), que contêm dois ou mais nutrientes (TAIZ; ZAIGER, 2009). Além desses, existem os fertilizantes orgânicos, originários de resíduos de plantas, animais ou depósitos de rochas naturais, porém estes dependem da taxa de mineralização, a qual pode impedir o seu uso eficiente, disponibilizando os nutrientes às plantas por períodos que podem variar de dias a anos (TAIZ; ZAIGER, 2009).

Nesse sentido, a produção de mudas de qualidade superior é o resultado conjugado da utilização de materiais genéticos adaptados ao local de plantio e das técnicas silviculturais adequadas, na fase de produção em viveiro (DAVIDE; FARIA, 2008). A qualidade das mudas tem sido focada em estudos que procuram identificar atributos no viveiro capazes de prever o sucesso no estabelecimento a campo (MEXAL; LANDIS, 1990).

Na determinação da qualidade das mudas, utilizam-se parâmetros que se baseiam nos aspectos fenotípicos, denominados morfológicos, ou nos internos das mudas, denominados fisiológicos (GOMES; PAIVA, 2008). Os primeiros são usados

com maior frequência, sendo que a altura e o diâmetro do coleto são as duas características comumente examinadas nas mudas (HAASE, 2008).

A maior altura da planta implica em maior área foliar disponível para a fotossíntese e transpiração, e maior biomassa (ROSE; CARLSON; MORGAN, 1990). O porte ideal para o plantio depende das condições de umidade do solo, da vegetação competidora e da presença de animais predadores. Mudanças de menor altura e maior diâmetro são preferíveis para sítios áridos, enquanto mudas mais altas são adequadas para os locais onde há alto nível de mato-competição ou predação por animais (MEXAL; LANDIS, 1990).

O diâmetro está relacionado com o vigor das plantas, pois a média do diâmetro de uma população, em qualquer tempo, pode ser correlacionada com a média do tamanho do sistema radicular. Além disso, caules com maior diâmetro tendem a ter maior brotação, favorecendo o estabelecimento e sobrevivência das plantas a campo (ROSE; CARLSON; MORGAN, 1990). Diversos estudos têm apontado que o diâmetro do coleto é a variável que melhor prediz o desempenho no pós-plantio, indicando a qualidade das mudas, porém ocorrem variações para cada espécie e condições de plantio (RITCHIE et al., 2010). Para os autores, os reflorestamentos dependem de mudas de alta qualidade, as quais são indicadas por atributos de desempenho pós-plantio. Entretanto, apesar dos vários caracteres morfológicos, fisiológicos e de performance estudados, poucos são utilizados operacionalmente, dificultando relacionar quais características obtidas no viveiro confirmam determinada situação ou desempenho no plantio (MEXAL; LANDIS, 1990).

O plantio pode ser monitorado ao longo dos anos, desde a sobrevivência e crescimento inicial da muda, no primeiro ano, até a fitomassa formada no quinto ano e, somente com base nesse entendimento, é possível obter um programa de controle de qualidade destinado a produzir mudas com adequadas características e máximo retorno em termos de sobrevivência e crescimento a campo (BIRCHLER et al., 1998).

Estudos realizados, acompanhando o desempenho de mudas a campo, produzidas em diferentes tamanhos de recipientes, têm mostrado que as diferenças morfológicas de altura e diâmetro tendem a desaparecer ao longo do tempo (JOSÉ, 2003). Ressalta-se que muitas pesquisas, avaliando diferentes técnicas de produção

de mudas em viveiro, não contemplam a fase de transplante, gerando conclusões equivocadas, pois nem sempre o manejo de mudas que proporciona o melhor crescimento e performance na etapa de produção é o responsável pelo melhor desempenho da planta na implantação (VALLONE et al., 2009).

Nesse sentido, estudo realizado por Malavasi e Malavasi (2006), com *Cordia trichotoma* e *Jacaranda micranta*, evidencia que o crescimento das mudas produzidas nos três maiores volumes de tubetes tendem a ter comportamento similar, após 180 dias do plantio a campo, recomendando o uso de tubetes de 120 cm³, os quais propiciam economia de substrato, espaço de viveiro e menor esforço no plantio. Dessa forma, sendo a implantação a campo o objetivo final dos estudos de crescimento de mudas em viveiro, o monitoramento também, no pós-plantio, permite maior confiabilidade dos resultados obtidos.

2.3.1 Recipientes

A escolha do tipo de recipiente é um dos fatores fundamentais a ser considerado na operação de um viveiro, pois além de controlar a quantidade de água e nutrientes minerais disponíveis para o crescimento da planta, o tipo e suas dimensões podem afetar muitos aspectos operacionais da produção de mudas (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009).

A principal função de qualquer recipiente é a de conter uma determinada quantidade de substrato, que, por sua vez, irá fornecer às raízes da planta água, ar, nutrientes e suporte físico, enquanto permanecem em viveiro (LANDIS, 1990). Atualmente, os recipientes mais utilizados na produção de mudas de espécies nativas são os sacos plásticos e os tubetes de polipropileno, sendo que o uso do segundo permitiu elevar o grau de mecanização dos viveiros, reduzir os custos e o tempo de produção, além de melhorar a qualidade das mudas (GONÇALVES et al., 2005).

O tamanho e o volume do recipiente influenciam na morfologia e na qualidade da planta, pois seu volume controla a quantidade de raízes que uma muda pode produzir e também o incremento radicular após o plantio a campo (RITCHIE et al., 2010). O tamanho ótimo de um recipiente depende da espécie, do porte final da

muda, da densidade de crescimento, do tempo de permanência na fase de produção e do meio de crescimento utilizado (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Conforme Wendling et al. (2001), existem diversas vantagens em se produzir mudas em recipientes, entre as quais, destacam-se: proteção do sistema radicular, qualidade superior, maior rapidez na formação de determinadas espécies, aumento da taxa de sobrevivência no pós-plantio, facilidade operacional, possibilidade de produzir mudas não tolerantes à repicagem, dispensa do uso de canteiros e sementeiras, entre outras.

De acordo com Landis (1990), a maior restrição em relação ao volume do recipiente é econômica, e não biológica, pois recipientes grandes requerem maior espaço de crescimento e tempo para que o sistema radicular ocupe todo o espaço disponível, além da dificuldade de transporte. Porém, à medida que se aumenta o volume do recipiente, a área superficial exterior do sistema radicular também aumenta, significando que mudas provenientes de maiores recipientes têm maior contato superficial com o solo circundante (RITCHIE et al., 2010). Dessa forma, mudas com maior diâmetro do coleto e mais altas têm se mostrado capazes de sobreviver e crescer em sítios com competição vegetativa (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Os sacos de polietileno e os tubetes estão disponíveis no mercado em diversas dimensões (DAVIDE; FARIA, 2008). Os primeiros têm sido amplamente usados, principalmente em viveiros menores, em razão da maior disponibilidade e do menor custo (GOMES; PAIVA, 2004), porém apresentam como principais desvantagens: enovelamento do sistema radicular, maior espaço necessário no viveiro, a terra utilizada como substrato tem que estar seca para seu enchimento, maior dificuldade na retirada da embalagem, problemas ergonômicos na produção e plantio, elevado custo de transporte para a expedição das mudas e baixo rendimento na operação de plantio (GOMES; PAIVA, 2004; DAVIDE; FARIA, 2008; GOMES; PAIVA, 2008).

Diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de minimizar essas desvantagens dos sacos plásticos, porém os resultados não têm sido satisfatórios, verificando-se, atualmente, a substituição deste tipo de recipiente por tubetes de polipropileno (RIBEIRO et al., 2001).

Por volta da década de 1970, o uso de tubetes menores iniciou-se nos Estados Unidos, difundindo-se entre os produtores florestais por sua economia e automação na produção de mudas (DAVIDE; FARIA, 2008). Esses são constituídos por polipropileno rígido, de cor preta, de formato cônico, de seção circular ou quadrada e tamanhos variados, como os apresentados na figura 1 (WENDLING et al., 2001).

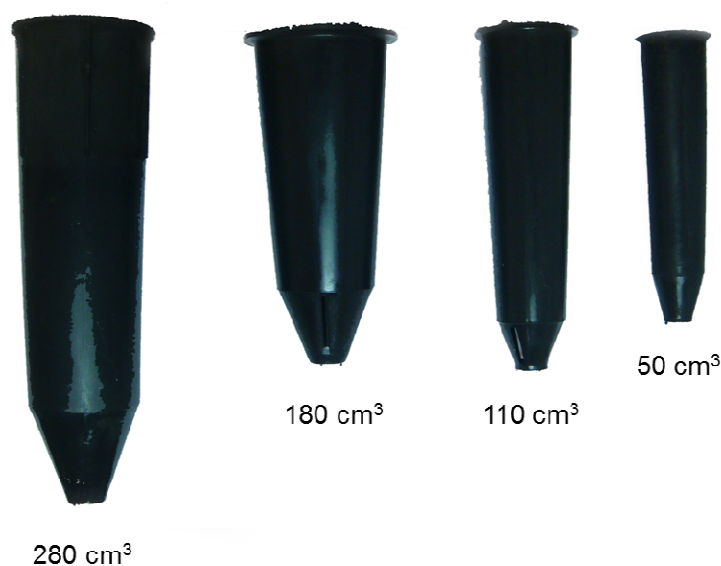


Figura 1 - Recipientes para produção de mudas florestais, do tipo tubete, constituídos por polipropileno de seção circular e com abertura inferior, para auxiliar na poda radicular, de diferentes capacidades: 280, 180, 110 e 50 cm³.

Os tubetes de seção circular são providos de estrias longitudinais internas, variando de quatro ou seis, direcionando as raízes para baixo e evitando o enovelamento, existindo também um orifício inferior, para escoamento do excesso de água e poda radicular (GOMES; PAIVA, 2004). São dispostos em bandejas plásticas ou mesas com telas galvanizadas, providas de orifícios, onde se inserem os recipientes (WENDLING et al., 2001).

Os tubetes mais recomendados para produção de mudas nativas são aqueles que possuem capacidade de 50 a 180 cm³, sendo que os últimos podem permanecer por maior período em espera no viveiro, antes do plantio a campo

(DAVIDE; FARIA, 2008). No Brasil, os mais utilizados para produção de mudas de pinus e eucalipto são os de 50 cm³ de volume, com seis estrias internas (STURION; ANTUNES, 2000).

Dentre as principais vantagens em se utilizar os tubetes, comparando-os aos sacos plásticos, destacam-se: melhor qualidade do sistema radicular (sem enovelamento), maior grau de mecanização, melhor ergonomia, possibilidade de reutilização, dispensa a execução de poda das raízes, menor consumo de substrato, facilidade de remoção e manuseio das mudas, permite a realização da alternagem, maior produção de mudas por unidade de área; redução no custo de transporte e distribuição das plantas no campo (WENDLING et al., 2001; GONÇALVES et al., 2005; DAVIDE; FARIA, 2008; GOMES; PAIVA, 2008).

No entanto, apresenta algumas desvantagens, como: maior custo inicial do investimento na aquisição de materiais e equipamentos; maior frequência de irrigação, devido ao menor volume de substrato retido; lixiviação dos nutrientes é mais intensa; necessidade de lavagem e desinfestação para sua reutilização; aumenta a probabilidade de efeito salino dos fertilizantes, entre outras (WENDLING et al., 2001; DAVIDE; FARIA, 2008; GONÇALVES et al., 2005).

José, Davide e Oliveira (2005) ressaltam que, nos plantios para recuperação de áreas degradadas, tem-se dado preferência por mudas produzidas em sacos plásticos ao invés das produzidas em tubetes. O mesmo acrescenta que a justificativa para tal opção é devido à baixa qualidade ou a carência de técnicas adequadas de mudas produzidas em tubetes, ocasionado problemas na implantação a campo.

As pesquisas com embalagens para a produção de mudas priorizam a boa formação do sistema radicular, pois permitem que a muda seja plantada com um torrão firme e bem agregado às raízes, favorecendo a sobrevivência e o crescimento inicial no pós-plantio (GOMES et al., 2003).

As diferentes espécies podem requerer recipientes diferenciados, baseando-se em suas características morfológicas, sendo necessário determinar qual recipiente é o mais adequado. Novos experimentos têm focado na melhoria do sistema radicular e desempenho no plantio a campo (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Estudos têm indicado uma forte correlação entre as características físicas dos recipientes e o desenvolvimento de mudas em viveiro e no pós-plantio. O volume do recipiente e a densidade de crescimento tem se mostrado as principais variáveis, sendo que a primeira afeta diretamente as relações morfológicas e nutricionais da planta, no viveiro e a campo, e a segunda, influencia a morfologia e nutrição das mudas somente na fase de produção (DOMINGUEZ-LERENA et al., 2006).

2.3.2 Fertilização

A fertilização é um dos pontos críticos na produção de mudas de qualidade em viveiro, pois as plântulas esgotam rapidamente os nutrientes armazenados nas sementes (JACOBS; LANDIS, 2009). Quando o meio não fornece ou não tem quantidades adequadas dos elementos minerais, as plantas não terão suas exigências nutricionais atendidas, portanto, haverá redução no crescimento devido à carência nutricional (FAQUIN, 2002).

A nutrição influencia tanto a taxa relativa de crescimento de uma planta, como a taxa que uma dada área foliar pode assimilar o dióxido de carbono (DAVIDE; FARIA, 2008). Assim, as plantas requerem quantidades equilibradas de nutrientes minerais para realizarem os processos fisiológicos básicos, como a fotossíntese, a fim de promover o rápido crescimento e desenvolvimento (JACOBS; LANDIS, 2009).

Os principais elementos nutrientes, classificados como macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), são exigidos em maiores quantidades para suprir as necessidades das plantas; e os elementos-traço, classificados como micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B e Cl), são requeridos em menores quantidades, porém todos são essenciais, não podendo ser substituídos (LARCHER, 2000). Os elementos hidrogênio, carbono e oxigênio não são considerados nutrientes minerais, pois são obtidos primariamente da água ou do dióxido de carbono (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Um importante conceito no campo da fertilização é expresso pela *lei do mínimo*, introduzida por Liebig, segundo o qual o desenvolvimento das plantas é limitado pelo nutriente que se encontra em mínimo, em relação às suas necessidades, mesmo na presença de quantidades adequadas dos demais nutrientes (GIANELLO; GIASSON, 2004).

Assim, além da quantidade absoluta de nutrientes no meio de crescimento, o balanço adequado desses nutrientes é fundamental, pois o desenvolvimento das plantas é limitado pelo fator de crescimento que estiver em condições mínimas, seja nutricional, climático ou outro (JACOBS; LANDIS, 2009; GIANELLO; GIASSON, 2004).

A diagnose de fertilidade para recomendação de fertilização pode ser realizada por meio da análise química do solo (ou substrato) e pela análise de tecido vegetal. A primeira reflete os níveis de nutrientes no solo, potencialmente disponíveis para as raízes das plantas, porém não informa a quantidade de um determinado elemento mineral de que o vegetal necessita ou é capaz de absorver (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Já a segunda determina os níveis de nutrientes nas folhas de uma determinada planta, num dado momento, podendo-se comparar com padrões nutricionais da literatura. A folha é o órgão que melhor representa o estado nutricional da planta, pois é onde ocorrem os principais processos metabólicos (FAQUIN, 2002).

O padrão geral entre a relação de crescimento da planta e a concentração de nutrientes minerais no tecido vegetal é mostrando na figura 2. Verifica-se, na curva, uma porção ascendente, na qual o crescimento aumenta de forma acentuada, sem acréscimo significativo no conteúdo de nutrientes (I e II), ou que o aumento no crescimento e no teor de nutrientes estão diretamente relacionados (III). No primeiro caso, isto é observado em solos (ou substratos) muito deficientes do elemento, que recebe doses ainda insuficientes do mesmo (FAQUIN, 2002). Nessa faixa, a planta exhibe anormalidades visíveis, ocorrendo sintomas de deficiência característicos para um determinado nutriente (LANDIS, 1989).

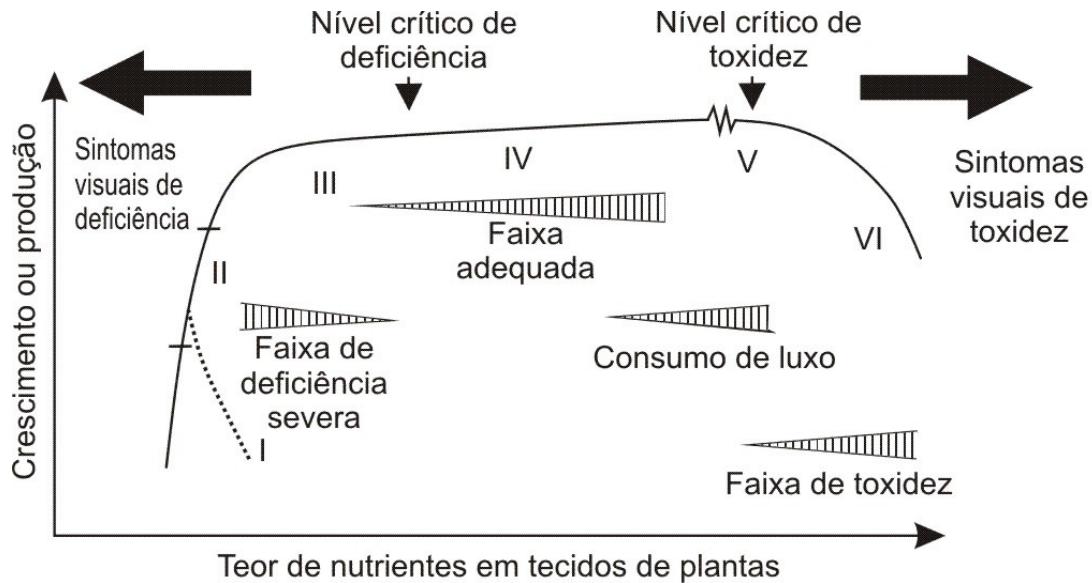


Figura 2 - Representação geral da relação entre o teor foliar e o crescimento ou produção das plantas. Os intervalos representam: I e II – deficiência severa; III – deficiência leve; IV e V – consumo de luxo e VI – toxidez. Fonte: adaptada de Marschner (1995).

A segunda relação é observada em meios com deficiência leve do nutriente, também denominada de “necessidade oculta”, dificultando a diagnose visual de carência (LANDIS, 1989; FAQUIN, 2002). Após, observa-se, na curva, uma pequena variação no teor de nutrientes, na qual o crescimento não é limitado, havendo aumento significativo do conteúdo nutricional (IV e V) e, finalmente, a região com excesso de nutrientes, causando toxidade e declínio no crescimento da planta (VI) (MARSCHNER, 1995).

A terceira relação, também denominada de consumo de luxo, é verificada em meios não deficientes do nutriente que recebem doses do elemento, no entanto, sem nenhuma resposta no crescimento (FAQUIN, 2002). O consumo em excesso é relativamente comum em viveiros com produção de mudas em recipientes, devido ao ambiente adequando de crescimento e a falta de fatores ambientais que limitam o crescimento em condições naturais (LANDIS, 1989).

Na última relação, zona de toxidez, ocorre os sintomas visuais de toxidade, sendo que, nos casos extremos, as concentrações excessivas podem causar a morte da planta (LANDIS, 1989). Dessa forma, o procedimento mais adequado é manter o meio de crescimento em nível nutricional adequado, devendo-se fazer

aplicações de fertilizantes para maximizar o crescimento e desenvolvimento das plantas (DAVIDE; FARIA, 2008).

Mudas produzidas em viveiro podem adquirir os nutrientes de diferentes fontes, incluindo o substrato, água de irrigação, micro-organismos benéficos e fertilizantes. Entre os fertilizantes inorgânicos existem diversos disponíveis, variando de acordo com sua matéria-prima, quantidade de nutrientes e mecanismos de liberação (JACOBS; LANDIS, 2009).

O uso acentuado de substratos artificiais, geralmente pobres em conteúdo nutritivo, porém adequados em suas características físicas e estruturais, faz com que a adição de fertilizantes seja a principal fonte de nutrientes disponível para a planta, durante o cultivo (OLIET et al., 1999).

De forma geral, é acrescentada ao substrato uma adubação de base, com macro e micronutrientes, comumente na forma sólida, e no decorrer do crescimento das mudas são realizadas fertilizações de cobertura, na forma líquida, com nitrogênio e potássio, ou com soluções nutricionais mais completas (MORAES NETO et al., 2003).

A utilização de elevadas doses de fertilizantes solúveis, na adubação de base, eleva a concentração salina no substrato, podendo prejudicar a germinação, causando distúrbios nutricionais e atrasando o crescimento inicial das mudas (GONÇALVES et al., 2005).

Os fertilizantes de liberação controlada (FLC) representam uma tecnologia avançada, desenvolvida para o fornecimento de nutrientes minerais na produção de mudas em viveiros (LANDIS; DUMROESE, 2009). Se comparado com os fertilizantes solúveis, os FLC podem superar problemas como o aumento da mortalidade ocasionada pelo efeito osmótico, devido à elevada concentração de sais na zona de enraizamento; intensa competição com as plantas daninhas; contaminação de águas subterrâneas e dos rios; além da diminuição dos custos das práticas de aplicação de fertilizantes solúveis (FAN; MOORE; WENNY, 2004).

Os fertilizantes de liberação lenta e controlada caracterizam-se por fornecer os nutrientes às plantas, lentamente, durante certo tempo, sincronizando a demanda com a disponibilidade no substrato (VALERI; CORRADINI, 2005). Não existe uma diferenciação oficial entre fertilizante de liberação lenta e controlada, sendo que o primeiro é caracterizado por baixa solubilidade e o segundo é encapsulado ou

revestido com resina (TRENKEL, 1997). Os fatores que comandam o grau, padrão e a duração de liberação dos nutrientes são bem conhecidos para os FLC, enquanto para os de liberação lenta esses fatores não são bem controlados, denotados como produtos da atividade microbiana (SHAVIV, 2001).

Os fertilizantes revestidos por polímeros (*polimer-coated fertilizers*) são considerados o “estado da arte” na categoria de liberação controlada, amplamente utilizados para a produção de plantas hortícolas e em viveiros de plantas nativas (JACOBS; LANDIS, 2009). Segundo os mesmos autores, os grânulos revestidos por polímeros têm uma liberação mais uniforme de nutrientes, se comparados com os revestidos por enxofre, podendo conter tanto macro como micronutrientes.

Os fertilizantes encapsulados solúveis em água possuem uma camada de resina orgânica permeável, normalmente contendo NPK. O processo de liberação dos nutrientes ocorre por várias etapas. Num primeiro momento, o vapor da água da irrigação é absorvido através de poros microscópicos do revestimento. Cria-se um gradiente osmótico, dentro da cápsula, tornando o revestimento flexível para expandir. Isto aumenta os pequenos poros e os nutrientes são liberados no solo ou no substrato. A frequência de irrigação e a temperatura média são os principais fatores ambientais que afetam a velocidade deste processo. As taxas de liberação são ajustadas pelo fabricante, alterando a espessura e a natureza do material, e a duração pode variar de 3 a 18 meses. Exemplos deste grupo são os fertilizantes Osmocote[®], Nutricote[®], Multicote[®], Polyon[®], Diffusion[®] e enxofre-ureia revestida (VALERI; CORRADINI, 2005; JACOBS; LANDIS, 2009; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Os FLC apresentam diversas vantagens para serem utilizados na produção de mudas florestais em viveiros, especialmente quando se produz pequenos lotes de muitas espécies ou ecótipos (LANDIS; DUMROESE, 2009). Dentre as principais vantagens, citam-se: fácil ajuste da taxa de fertilização para as diferentes culturas, devido a grande variedade de formulações; melhor eficiência no uso do fertilizante; menor poluição das águas residuais; não há necessidade de enxágue das mudas após a fertilização; nutrientes estão presentes desde o início da formação do sistema radicular; redução do potencial de perda dos nutrientes por lixiviação; menor custo de fertilização; redução do estresse e toxicidade específica; a adubação necessária é realizada ocasionalmente e, às vezes, em uma única etapa; aumento da disponibilidade de nutrientes; aprimoramento de efeitos sinérgicos entre

nutrientes; e as mudas podem ser comercializadas e plantadas a campo já com uma reserva nutricional no substrato (JAENICKE, 1999; SHAVIV, 2001; LANDIS; DUMROESE, 2009).

A principal desvantagem deste tipo de fertilizante é o custo superior, se comparado às fontes solúveis, requerendo a adequação das doses nos diferentes sistemas de produção, visando otimizar o uso do insumo e garantir uma produção econômica rentável (SCIVITTARO; OLIVEIRA; RADMANN, 2004). Devido à grande variedade de fertilizantes encapsulados no mercado, tanto no que se refere à variedade de formulações, como as taxas de liberação, a escolha do produto e dosagem devem ser ajustadas à espécie, condições de cultivo e tipo de planta desejada (OLIET et al., 1999).

O uso dos fertilizantes de liberação lenta e controlada ganhou reconhecimento como uma importante ferramenta para alcançar os objetivos no reflorestamento, de modo que sua incorporação ao substrato é uma abordagem relativamente nova para a nutrição de mudas em viveiros florestais (HAASE; ROSE; TROBAUGH, 2006). Essa nova tecnologia, conforme os mesmos autores, permite incorporar o fertilizante no meio de cultura, nutrindo as mudas na fase de viveiro, bem como, fertilizando após o plantio a campo.

CAPÍTULO I

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan ARMAZENADAS EM DIFERENTES AMBIENTES E EMBALAGENS

Resumo

Parapiptadenia rigida (angico-vermelho) é uma espécie florestal nativa que apresenta ampla distribuição geográfica no território brasileiro, destacando-se na utilização em programas de restauração florestal, porém pouco estudada. Este trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de angico-vermelho durante 420 dias de armazenamento, em diferentes condições de ambiente e embalagem. Primeiramente, identificou-se o substrato mais adequado para condução do teste de germinação e, em seguida, procedeu-se ao armazenamento. As sementes foram armazenadas em três condições (câmara fria, geladeira e ambiente de laboratório), acondicionadas em três tipos de embalagens (papel, plástico e vidro). A cada 60 dias foram retiradas amostras dessas condições para avaliação do grau de umidade, condutividade elétrica e realização do teste de germinação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas no tempo, configurando um esquema trifatorial (3 × 3 × 7). Os resultados obtidos permitem inferir que o teste de germinação pode ser conduzido utilizando-se o substrato entre areia, com contagem inicial das plântulas aos quatro dias e final aos dez dias após a sementeira. O armazenamento das sementes em ambiente de geladeira e embalagem de papel foi o mais adequado, podendo também utilizar as embalagens de plástico e vidro na mesma condição.

Palavras-chave: Angico-vermelho. Tecnologia de sementes. Substrato. Conservação de sementes.

Abstract

Parapiptadenia rigida (angico-vermelho) is a native forest species with a wide geographical distribution in Brazil, especially in use in forest restoration programs, but with little studied about this specie. This study aimed to evaluate the physiological quality of seeds of angico-vermelho during 420 days of storage in different environmental conditions and packages. First, was identified the most adequate substrate for the conducting the germination test, and then, was proceeded to

storage. The seeds were stored in three conditions (cold chamber, refrigerator and laboratory environment), packed in three types of packages (paper, plastic and glass). Every 60 days samples were taken for evaluation of these conditions of moisture content, electrical conductivity and germination test. The experimental design was completely randomized, split-plot in time, setting up a three factorial scheme ($3 \times 3 \times 7$). The results obtained showed that the germination test can be conducted using the sand substrate, with initial count of seedlings to four days and the final ten days after sowing. The seed storage in refrigerator environment and packages paper was the most appropriate, and may also use the plastic and glass in the same condition.

Keywords: Angico-vermelho. Seeds technology. Substrate. Seed conservation.

3 INTRODUÇÃO

A maior demanda de espécies florestais intensificou os estudos sobre o comportamento fisiológico das sementes. No entanto, devido ao elevado número de espécies, o conhecimento sobre a capacidade e as condições ideais de armazenamento são deficientes, podendo comprometer programas de conservação e produção florestal (DAVIDE et al., 2003).

O armazenamento de sementes é dispensado quando se realiza a semeadura logo após a coleta e beneficiamento, partindo-se diretamente para a unidade de germinação, no entanto, raramente isso acontece (SCHMIDT, 2000). A sazonalidade e a irregularidade espacial e temporal da produção de sementes têm sido desfavoráveis ao mercado brasileiro de espécies florestais, sendo a produção de sementes abundante em determinado ano e deficitária em outros, tornando-se necessária a estocagem, para garantir o suprimento anual de material propagativo (SCREMIN-DIAS et al., 2006).

A *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae), conhecida popularmente como angico-vermelho, por apresentar ampla distribuição geográfica, torna-se uma espécie de relevante interesse na recuperação ambiental e reflorestamento, contudo a carência de estudos sobre aspectos silviculturais compromete sua perpetuação e cultivo (FARIAS; HOPPE; VIVIAN, 2005). Além disso, essa é umas das espécies arbóreas mais conhecidas pela população sul-brasileira, usada principalmente para construções rurais e lenha (BACKES; IRGANG, 2009), moirões e outros usos externos, devido à resistência natural da madeira.

Estudos relatam que o armazenamento de sementes de angico-vermelho em condições ambientais não controladas, como ambiente de laboratório, é prejudicial devido aos efeitos deletérios de altas temperaturas e umidade relativa do ar, ocasionando a redução da viabilidade e deterioração (FOWLER; CARPANEZZI, 1998).

O potencial de armazenamento das sementes relaciona-se à capacidade inerente ou herdada das espécies de preservar a viabilidade sob condições ideais, mantendo a inatividade fisiológica durante o período de conservação, podendo, em

condições não favoráveis, resultar em germinação ou deterioração (SCHMIDT, 2007).

Uma das propriedades fundamentais que caracterizam as sementes é a tolerância à dessecação, a qual permite a sobrevivência durante o armazenamento, assegurando a disseminação da espécie (MEDEIROS; EIRA, 2006). Nesse caso, o maior desafio é manter as propriedades fisiológicas das sementes após certo tempo, visto que não é possível retomar a qualidade inicial, mesmo sob condições favoráveis (VILLELA; PERES, 2004).

O tempo de estocagem das sementes pode ser classificado em três categorias, segundo Hong e Ellis (2002): curto prazo, podendo ser de poucos dias até seis a nove meses; médio prazo, de um a cinco anos (por exemplo, para evitar a escassez de sementes em períodos de baixa produção); e longo prazo, normalmente de dez ou mais anos, categoria utilizada para conservação de recursos genéticos.

Quanto ao comportamento fisiológico em relação ao armazenamento, Roberts (1973) classificou as sementes em ortodoxas e recalcitrantes. As primeiras podem ser secas a níveis de umidade abaixo de 10% e armazenadas em ambiente a baixa temperatura por longo período. Na segunda categoria, as sementes não podem ser secas a reduzidos valores de umidade (25 a 40%, dependendo da espécie), pois essas apresentam sensibilidade às baixas temperaturas, perdendo a viabilidade rapidamente.

Posteriormente, Ellis, Hong e Roberts (1990) propuseram a categoria das sementes intermediárias, as quais podem ser desidratadas em níveis moderados de umidade, em torno de 12 a 15%, mantendo sua viabilidade por alguns anos. Porém, sob armazenamento, são sensíveis às baixas temperaturas.

As características do ambiente de armazenamento são fundamentais para aumentar a vida útil das sementes, cujos principais objetivos são: reduzir o metabolismo, tanto quanto possível, sem danificá-las, conservando as reservas nutricionais e mantendo a integridade do embrião; e impedir o ataque de microrganismos (BONNER, 2008). A baixa umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente favorecem a conservação de sementes ortodoxas, devido à redução das atividades metabólicas (FOWLER, 2000).

Segundo uma técnica prática, conhecida como “regra de Harrington”, o armazenamento seguro se duplica para cada 1% de redução do teor de água das

sementes ou decréscimo de 5,5°C na temperatura ambiente. Realizados simultaneamente têm efeitos aditivos na conservação de sementes ortodoxas (HARRINGTON, 1963).

Outro fator a ser considerado é o tipo de embalagem utilizada, podendo ser parcial ou completamente hermética, a qual irá retardar a reabsorção de umidade atmosférica após a secagem da semente (OLIVEIRA, 2007).

Conforme Marcos Filho (2005), as embalagens podem ser classificadas como: porosas (permeáveis), que não impedem as trocas d'água entre as sementes e a atmosfera, como telas de algodão e papelão; resistentes à circulação do vapor d'água e do ar exterior (semipermeáveis), como papel multifoliado e polietileno; e herméticas (impermeáveis), que não proporcionam trocas de vapor d'água, como recipientes de metal e vidro.

Diante desse contexto, faz-se necessária a implementação de pesquisas sobre armazenamento de sementes visando concatenar os objetivos da produção e do desenvolvimento de métodos adequados de conservação de sementes (PIÑA-RODRIGUES; NOGUEIRA; PEIXOTO, 2007). Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de *Parapiptadenia rigida* durante 420 dias de armazenamento, em diferentes condições de ambiente e embalagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta e beneficiamento das sementes

A coleta dos frutos foi realizada diretamente das árvores, antes de iniciarem a deiscência, no município de Santa Maria, RS, em setembro de 2009, de 28 árvores localizadas em fragmentos florestais de Floresta Estacional Decidual. Após o material foi conduzido para o Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, para o beneficiamento, procedendo-se a extração das sementes dos legumes.

4.2 Qualidade fisiológica inicial

Após o beneficiamento, as sementes foram homogeneizadas manualmente, formando-se um único lote, acondicionadas em embalagem de plástico semipermeável (90 micras de espessura) e armazenadas em câmara fria ($T = 8^{\circ}\text{C}$; U.R. = 86%) por 15 dias. Decorrido esse período, foi retirada uma amostra para a caracterização inicial do lote, avaliando-se o peso de 1.000 sementes (PMS) e o grau de umidade (GU), pelo método estufa, a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009). Para a última avaliação foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes.

Adicionalmente, foi determinada a condutividade elétrica (CE) das sementes, pelo método massal, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes, previamente pesadas em balança eletrônica de precisão (0,001g) e acondicionadas em quatro copos de plástico com capacidade de 200 mL cada, contendo 75 mL de água destilada por unidade. Os copos foram envoltos com papel alumínio e mantidos em câmara de germinação, do tipo Mangelsdorf, em temperatura constante de 25°C por 24 horas (VIEIRA, 1994). Em seguida, foi efetuada a leitura dos lixiviados, utilizando-se o condutivímetro Quimis[®], e os valores obtidos foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

4.3 Teste de germinação

Primeiramente, realizou-se um experimento a fim de identificar o melhor substrato para condução desse teste. Nessa prática, as sementes foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio (2%), sendo submersas por cinco minutos, seguido de três enxágues em água destilada. Foram avaliados os seguintes tratamentos (substratos): sobre papel mata-borrão (PMB) (duas folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel); sobre (SA) e entre areia (EA) (fina e peneirada em malha de 0,84 mm, colocando 200 g no fundo do gerbox, onde foram dispostas as sementes, e 100 g em cima, umedecidas com 45 mL de água destilada); sobre (SV) e entre vermiculita (EV) (granulometria fina, 30 g no fundo do gerbox, onde foram dispostas as sementes, e 10 g em cima, umedecidas com 83 mL de água destilada); e rolo de papel (RP) (três folhas umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel, colocadas dentro de saco plástico).

Todos os substratos foram esterilizados em autoclave (120 °C por 60 minutos). Para os substratos areia e vermiculita, foi acrescentado um volume de água para chegar a 60% da capacidade de campo. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento. Os recipientes foram mantidos em câmara de germinação do tipo Mangelsdorf a 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 8 horas. As contagens das sementes germinadas foram feitas diariamente, iniciando-se no quarto dia após a semeadura (primeira contagem), encerrando-se no décimo terceiro dia, quando a maioria das sementes havia germinado.

Considerou-se germinada a semente que apresentava todas as estruturas essenciais (raiz primária, hipocótilo e cotilédones), representando plântulas normais (Apêndice 1), além da porcentagem de plântulas anormais e sementes mortas (Apêndice 2), segundo definição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). De forma complementar, foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

4.4 Qualidade fisiológica durante o armazenamento

As sementes foram acondicionadas em embalagens de diferentes materiais: saco de papel Kraft escuro, com 126 g m^{-2} ; saco de polietileno transparente de 90 micras de espessura, lacrado em máquina de selagem a quente; e frasco de vidro (volume de 600 mL) envolto com papel alumínio. Em cada embalagem foram colocadas 55,5 g de semente (aproximadamente 2.000 sementes), necessárias para a realização dos testes em cada avaliação.

Após serem acondicionadas, as sementes foram armazenadas por 420 dias em três ambientes: câmara fria e úmida ($T = 8^\circ\text{C}$; U.R. = 86%), geladeira ($T = 3^\circ\text{C}$; U.R. = 48%) e ambiente de laboratório com controle somente da temperatura ($T = 24 \pm 3^\circ\text{C}$) e umidade relativa do ar variável. No início do armazenamento e após cada 60 dias determinou-se o grau de umidade e condutividade elétrica, e foi realizado o teste de germinação das sementes. A análise inicial foi considerada como amostra controle.

Os testes de avaliação foram instalados seguindo os mesmos procedimentos descritos anteriormente, porém, para o grau de umidade e condutividade elétrica, foram utilizadas duas repetições de 25 sementes. No teste de germinação, foi adotado o substrato entre areia, com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento.

4.5 Delineamento experimental e análise dos dados

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado em todos os experimentos, em esquema trifatorial (ambiente \times embalagem \times tempo), com parcelas subdivididas no tempo ($3 \times 3 \times 7$) na etapa de armazenamento. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de Bartlett. Devido a essas condições não terem sido atendidas, procedeu-se à transformação dos dados de GU em arcoseno $(x/100)^{0,5}$, CE em $(1/y)$, porcentagem de germinação em arcoseno $(\sqrt{x}/100)$ e IVG $(\sqrt{x} + 0,5)$. Após, os dados foram

submetidos à análise de variância. Quando necessário, realizou-se o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott e/ou regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro. No caso de efeito significativo de equações quadráticas, determinou-se o ponto crítico (PC). Nas análises, utilizou-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Teste de germinação

O lote de sementes utilizado no estudo apresentou valores iniciais (amostra controle) do peso de 1.000 sementes igual a 27,7 g (C.V. = 3,15%), o que representa 36.062 sementes kg^{-1} , grau de umidade de 16,9% (C.V. = 1,40%) e condutividade elétrica de 6,58 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (C.V. = 9,17%). Mondo et al. (2008) verificaram, para a mesma espécie, grau de umidade de 9,9% e peso de 1.000 sementes de 14,8 g, enquanto Fowler e Carpanezzi (1998) obtiveram 15,5% de GU, 26,6 g de PMS e 37.565 sementes kg^{-1} , resultados semelhantes ao do lote deste estudo.

Variações no peso das sementes ocorrem tanto dentro como entre as amostras e os lotes, causadas, principalmente, por fatores genéticos, de desenvolvimento e condições ambientais, de modo que o teor de água e a porcentagem de sementes puras no lote também refletem essas diferenças (SCHMIDT, 2007).

O teor de água da semente tem relação direta com a umidade relativa do ar, havendo permanente troca de água por diferença de potenciais hídricos, até que seja atingido o equilíbrio higroscópico (MARCOS FILHO, 2005). Assim, de acordo com Davide e Silva (2008), o conhecimento dos limites tolerados de perda de água auxilia na manutenção da qualidade fisiológica das sementes e no correto armazenamento.

Conforme os resultados do teste de germinação em diferentes substratos, observou-se que, para a variável primeira contagem, no substrato entre areia, a germinação já era superior (65%) no quarto dia após a instalação do teste (Tabela 1 e Figura 3), e a máxima porcentagem de germinação ocorreu no décimo dia. O rolo de papel também proporcionou taxa significativa de germinação (37%), enquanto os demais substratos não diferiram entre si.

Essa avaliação baseia-se no princípio segundo o qual as amostras que apresentam maior porcentagem de plântulas normais são as mais vigorosas e está diretamente associada à velocidade de germinação (NAKAGAWA, 1994). Dessa

forma, utilizando-se o substrato entre areia no teste de germinação, é possível concluir o teste rapidamente (primeira contagem no quarto dia e última no décimo), evitando a incidência de patógenos e o comprometimento dos resultados.

Tabela 1 - Valores médios de primeira contagem de germinação, plântulas normais, anormais, sementes mortas e índice de velocidade de germinação (IVG) de *Parapiptadenia rigida* em diferentes substratos no teste de germinação (SMPB – sobre papel mata-borrão, SV – sobre vermiculita, EV – entre vermiculita, SA – sobre areia, EA – entre areia e RP – rolo de papel)

Tratamentos (substratos)	Primeira contagem (%)	Plântulas normais (%)	Plântulas anormais (%)	Sementes mortas (%)	IVG
SMPB	6,0 c*	96 ^{ns}	0 ^{ns}	4 ^{ns}	3,69 c
SV	1,0 c	92	1	7	3,22 c
EV	13 c	97	1	2	3,94 c
SA	0,0 c	98	0	2	3,64 c
EA	65 a	95	0	5	5,38 a
RP	37 b	93	1	6	4,58 b
CV(%)	56,01	4,34	282,84	94,01	8,22

*Médias não seguidas de mesma letra na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro; ns – não significativo pelo teste F.

No substrato sobre areia, a germinação foi nula no quarto dia, não diferindo do sobre papel mata-borrão, sobre e entre vermiculita. No substrato sobre vermiculita, o ponto crítico foi superior ao tempo avaliado (14 dias), necessitando de um período maior, nessa condição, para completar a germinação (Figura 3).

Apesar disso, não houve diferença significativa entre os tratamentos para a porcentagem de plântulas normais germinadas no final do teste, podendo-se observar elevado índice de germinação (> 90%) em todos os substratos avaliados (Tabela 1). No entanto, a porcentagem de germinação informa o número total de sementes germinadas; porém, não explica quanto tempo foi necessário para que as sementes germinassem, dificultando, dessa forma, a separação de lotes com germinação semelhante, considerando que existem aqueles que germinam mais rapidamente que outros (BORGHETTI; FERREIRA, 2004).

Assim, a avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG) confirmou que o substrato entre areia teve desempenho superior (5,38), seguido do rolo de papel (4,58), conforme a tabela 1. Considerando-se o IVG, é possível distinguir lotes com diferentes velocidades de germinação, havendo relação direta entre a velocidade e o vigor das sementes (NAKAGAWA, 1994). Santana e Ranal (2004) descrevem que, quanto maior o valor desse índice, maior será o vigor das amostras de sementes analisadas, ou seja, se a germinação ocorrer logo no início da semeadura, seu valor será maior do que se ocorrer tardiamente.

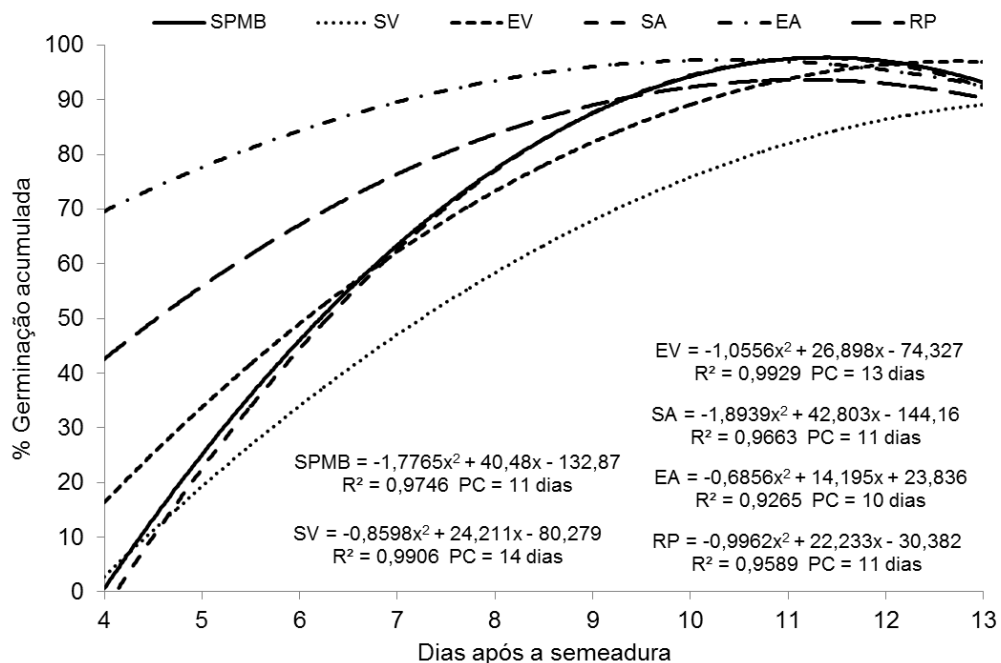


Figura 3 - Porcentagem de germinação acumulada de sementes de *Parapiptadenia rigida* em diferentes substratos, SPMB (sobre papel mata-borrão), SV (sobre vermiculita), EV (entre vermiculita), SA (sobre areia), EA (entre areia) e RP (rolo de papel) após a semeadura.

Esse resultado provavelmente foi obtido devido à maior área de contato do substrato com as sementes, destacando-se, dessa forma, os substratos entre areia e rolo de papel. Quando a área de contato com as sementes é pequena, a velocidade de absorção de água pode ser menor que a taxa de perda por evaporação (OLIVEIRA JR.; DELISTOIANOV, 1996).

Constatou-se baixa formação de plântulas anormais, havendo ocorrência somente nos substratos sobre e entre vermiculita e no rolo de papel. As maiores taxas de sementes mortas foram no substrato sobre vermiculita (7%) e rolo de papel (6%), porém não se diferindo significativamente dos demais (Tabela 1). As principais anormalidades encontradas foram a oxidação/ausência de radícula, ausência de hipocótilo e má formação dos cotilédones (Apêndice 2).

Plântulas anormais são consideradas aquelas que não apresentam capacidade de continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, já as sementes mortas não germinam ao final do teste, não estão duras, apresentando-se amolecidas e atacadas por microorganismos (BRASIL, 2009).

A ocorrência de anormalidades pode estar ligada a fatores intrínsecos da semente ou a falhas na instalação e condução do teste de germinação, ou mesmo devido aos procedimentos de colheita, beneficiamento, secagem e armazenamento (FIGLIOLIA; PIÑA-RODRIGUES, 1995). Sarmento e Villela (2010) ressaltam que é comum, na análise de sementes florestais, a ocorrência de plântulas albinas, sendo reflexo da fragmentação de habitats ou isolamento de populações de espécies alógamas, determinando a depressão endogâmica, ocasionando a extinção.

Dessa forma, é fundamental a avaliação de anormalidades, visto sua importância no quesito genético, implicando a conservação e manutenção da variabilidade das populações. Neste estudo, não se verificou a ocorrência deste tipo de anormalidade, provavelmente por não ter havido coletas de sementes em árvores isoladas e pela distância de mais de 100 m mantida entre os indivíduos.

No teste de germinação conduzido neste estudo, verificou-se que as anormalidades podem advir do próprio efeito dos substratos, por não oferecerem suporte adequado ao desenvolvimento das sementes, ou mesmo devido ao ressecamento. No rolo de papel, observou-se menor comprimento das plântulas se comparado aos demais substratos, promovendo, em muitos casos, quebra das radículas e cotilédones. No entanto, não foram feitas avaliações para esta característica. A posição da plântula na vertical no rolo de papel pode proporcionar desidratação excessiva, e, no centro, perda de umidade (FIGLIOLIA; OLIVEIRA; PIÑA-RODRIGUES, 1993).

Mondo et al. (2008) concluíram que, para *Parapiptadenia rigida*, o teste de germinação deve ser conduzido à temperatura de 25°C, utilizando-se o substrato entre vermiculita, na presença ou ausência de luz. Ramos et al. (1995) recomendam,

para essa espécie, o uso dos substratos areia, vermiculita, papel mata-borrão e papel toalha, nas temperaturas de 20 e 25 °C.

Wielewicky et al. (2006) propuseram como padrões para o angico-vermelho que o teste de germinação tenha duração de nove dias, utilizando-se o substrato rolo de papel, com proposta do padrão mínimo de germinação de 87% e teor de água das sementes de 17,5%.

Apesar de não haver relatos na literatura do uso do substrato entre areia no teste de germinação com sementes de angico-vermelho, neste estudo, o mesmo mostrou-se promissor, permitindo a finalização das avaliações em menor período de tempo, próximo ao proposto por Wielewicky et al. (2006). Sua principal desvantagem é a maior dificuldade no preparo, além de ser mais pesado, necessitando cuidado com a profundidade da semeadura para não prejudicar a germinação.

5.2 Qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento

De acordo com a análise de variância, a interação tripla (ambiente × embalagem × tempo) foi significativa para a variável grau de umidade. Antes do acondicionamento, as sementes de *Parapiptadenia rigida* apresentavam grau de umidade de 16,9%. Em câmara fria, as embalagens de papel e plástico tiveram comportamento quadrático crescente, sendo que, aos 296 e 244 dias, respectivamente, houve o máximo acréscimo em umidade nas sementes (Figura 4A). Na embalagem de vidro as sementes não apresentaram variação de umidade significativa durante o armazenamento (desvio padrão = 1,29), de modo que, aos 420 dias, seu valor foi de 17,1%.

De maneira geral, verificou-se que o grau de umidade nas sementes foi superior em câmara fria (20,6%), superando os valores observados em geladeira (17,3%) e laboratório (17,5%), não havendo diferença significativa entre as embalagens: 18,1% (papel), 18,5% (plástico) e 18,7% (vidro).

Na câmara fria, por ser um ambiente de elevada umidade relativa, o grau de umidade das sementes, acondicionadas em embalagens permeáveis, aumenta até atingir a umidade relativa do ar ambiente. Nesse tipo de embalagem, Fowler (2000)

recomenda que o armazenamento de sementes seja feito por curto período de tempo. Para que ocorram menores variações de umidade nas sementes armazenadas neste tipo de ambiente, é adequado o uso de embalagens impermeáveis, como as de vidro (VILLELA; PERES, 2004).

Na primeira avaliação, ao sexagésimo dia, em ambiente de geladeira houve decréscimo do grau de umidade das sementes nas embalagens de papel e plástico, sendo o ponto crítico aos 230 e 287 dias, respectivamente (Figura 4B). Já para as sementes acondicionadas em vidro, observou-se comportamento inverso, havendo máximo acréscimo no GU aos 391 dias. De modo geral, as sementes mantidas no plástico tiveram maior grau de umidade (19,8%) e, no papel, menor (14,6%). Ao final do período de armazenamento neste ambiente, as sementes apresentavam valores de 17,7; 17,1 e 16,9%, respectivamente, para papel, plástico e vidro.

Por serem embalagens permeáveis (papel) e semipermeáveis (plástico), é de se esperar que haja a troca de umidade entre as sementes e o ar ambiente, caracterizado por menor umidade relativa, na condição de geladeira, justificando-se a perda de umidade das sementes.

Observando-se a condição das sementes na embalagem impermeável (vidro), constatou-se, neste ambiente, aumento do grau de umidade, o que não era previsto, devido à característica da mesma, esperando-se que os valores fossem constantes, como verificado na condição de câmara fria. No entanto, conforme Bonner (1978) e Silva, Perez e Paula (2011), quando as sementes são acondicionadas em embalagens impermeáveis, as trocas gasosas podem ocorrer devido à elevada taxa de respiração das sementes, já que a restrição de entrada e saída de gases do interior da embalagem pode aumentar a taxa de deterioração, ocasionando a morte.

Por meio da elevada taxa de respiração, a semente libera para o ambiente a água de constituição, aumentando a umidade relativa no interior da embalagem. Com isso, irá ajustar-se à nova umidade relativa do ar e, conseqüentemente, adquirir teor de água mais elevado do que o inicial (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Este fato também favorece o desenvolvimento de fungos e bactérias, causando perdas no poder germinativo e vigor do lote (OLIVEIRA, 2007). A formação de água também pode ser consequência da união de átomos de hidrogênio e de oxigênio liberados pela decomposição de compostos orgânicos (MARCOS FILHO, 2005).

Algumas precauções podem ser adotadas para auxiliar na manutenção da baixa umidade durante o armazenamento, conforme mencionado por Schmidt

(2007): realizar a secagem suficiente, para evitar a respiração; manter as tampas dos recipientes bem vedadas e sem danos; armazenar as sementes em pequenas quantidades, para evitar a absorção de umidade quando são retiradas; utilizar produtos químicos dessecantes; e encher completamente os recipientes, para que uma menor quantidade de ar permaneça com as sementes na embalagem.

Oscilações do grau de umidade também podem advir no momento da retirada das sementes dos recipientes, pois, não havendo homogeneização ou mistura, aquelas que permanecem na parte inferior ou no meio conservam melhor a umidade do que as que estão na parte superior, influenciando nos valores.

Na condição de laboratório, também houve decréscimo do grau de umidade para as três embalagens aos 60 dias, verificando-se valores de 17,8; 17,9 e 16,8% para papel, plástico e vidro, respectivamente, aos 420 dias (Figura 4C). De forma geral, as sementes acondicionadas no vidro apresentaram maior valor (19,6%), não havendo diferença entre as demais.

O vigor das sementes de *Parapiptadenia rigida*, avaliado antes do acondicionamento pela condutividade elétrica, foi de $6,58 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Pela análise de variância, constatou-se apenas interação entre ambiente \times tempo. No ambiente de câmara fria, até 300 dias, não houve diferença significativa da CE, mas posteriormente os valores aumentaram (Tabela 2 e Figura 5). Na geladeira, não foram observadas mudanças significativas, e no ambiente de laboratório, houve oscilação, sendo que, a partir dos 120 dias, os valores aumentaram.

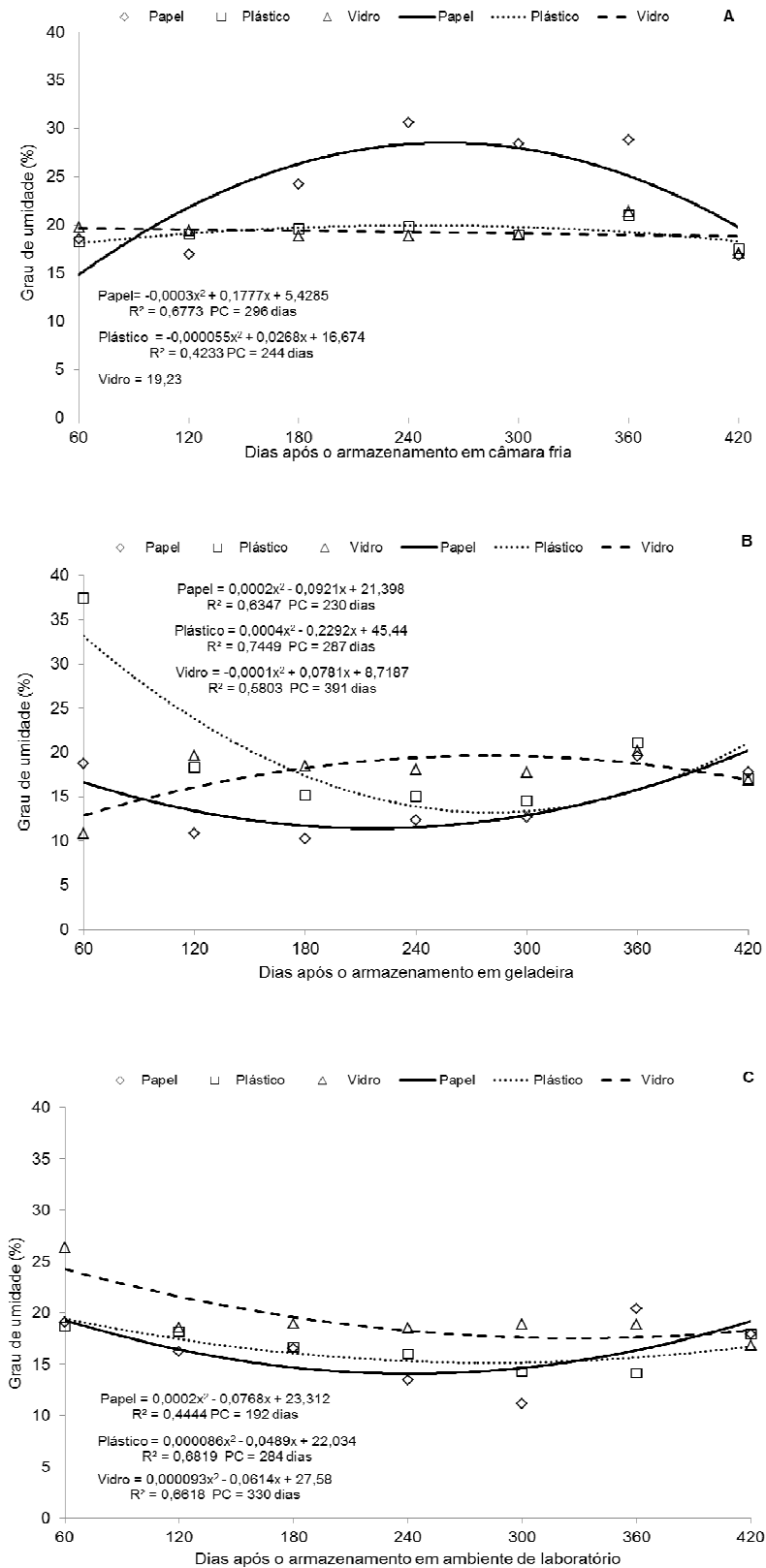


Figura 4 - Grau de umidade de sementes de *Parapiptadenia rigida* armazenadas em diferentes ambientes: (A) câmara fria, (B) geladeira e (C) ambiente de laboratório, acondicionadas em embalagens de papel, plástico e vidro durante 420 dias.

Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento

Ambiente	Dias após o armazenamento						
	60	120	180	240	300	360	420
CF	7,93 a*	7,65 a	7,53 a	7,61 a	6,92 a	9,39 b	8,33 b
GEL	7,57 a	7,50 a	7,87 a	7,32 a	7,34 a	7,64 a	7,58 a
LAB	7,06 a	10,41 b	9,17 b	7,90 a	9,04 b	8,84 b	9,04 b

*Médias não seguidas de mesma letra na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

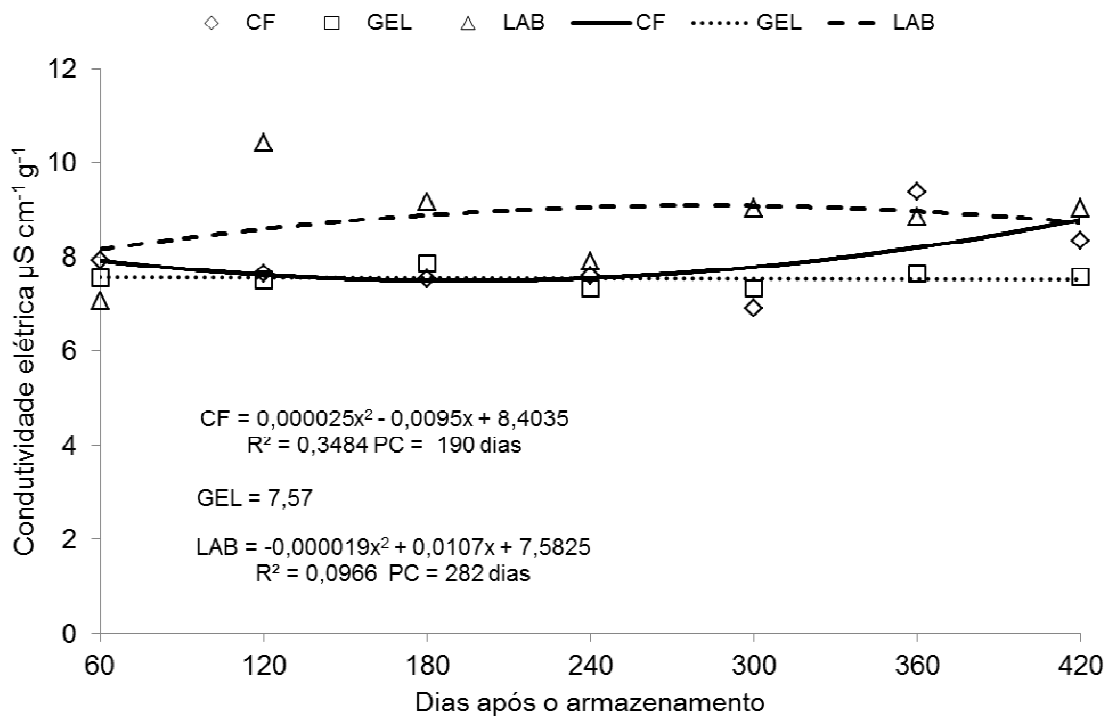


Figura 5 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento.

Sementes que estão deterioradas ou mortas liberam maior quantidade de eletrólitos do que sementes que possuem maior vigor, de modo que a maior liberação ocasiona aumento da condutividade elétrica da água (KARRFALT, 2008).

De forma semelhante, Copeland e McDonald (1995) descrevem que as sementes de baixo vigor possuem menor integridade da membrana devido à deterioração no armazenamento ou a injúrias mecânicas. Assim, quanto maior a velocidade da semente em restabelecer a integridade das membranas celulares, menor será a capacidade de líquidos liberados para o meio externo (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Por meio desse teste, pode-se observar que não ocorreu diferença significativa entre as embalagens, nem houve sua interação com o ambiente e tempo de armazenamento. Somente o ambiente de armazenamento, no decorrer do tempo, influenciou na condutividade elétrica, obtendo-se melhor resultado na condição de geladeira.

No teste de condutividade elétrica, assim como em outros testes de vigor, há dificuldade de fazer inferências e comparações, pois o lote de sementes, sob condições de campo, estará na dependência dos fatores climáticos durante a semeadura e emergência de plântulas (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), podendo haver a falta de correlação com os resultados obtidos em laboratório, sob condições controladas.

Silva, Perez e Paula (2011) verificaram que o teste de CE não foi eficiente na avaliação da qualidade fisiológica das sementes de *Psidium cattleianum*, havendo comportamento diferenciado entre os tratamentos no teste de germinação. O teste também não foi sensível para detectar variações no vigor das sementes de *Tabebuia roseo-alba* e *Tabebuia impetiginosa* (FILHO; PEREZ, 2009)

O uso desse teste bioquímico pode ser afetado por características próprias da metodologia, como o número de sementes e repetições, tempo e temperatura de embebição, e por características das sementes, como dano mecânico ou por insetos, tamanho da semente, genótipo, teor de água e tratamento químico das sementes. Desse modo, é fundamental o uso conjunto com outro teste de vigor para obter resultados sobre o comportamento de lotes de sementes (VIEIRA 1994; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Por meio da avaliação da porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação, observou-se interação entre os fatores ambiente × embalagem e ambiente × tempo. Conforme a tabela 3, a combinação de geladeira com a embalagem de papel proporcionou a maior porcentagem de germinação (93,4%) e IVG (5,04). Em câmara fria, o recipiente de vidro proporcionou melhores resultados.

A condição de laboratório foi inadequada na manutenção do vigor das sementes armazenadas, devido aos baixos valores obtidos.

Tabela 3 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) e embalagens, durante 420 dias de armazenamento

Ambiente/ Embalagem	% Germinação			IVG		
	Papel	Plástico	Vidro	Papel	Plástico	Vidro
CF	69,6 Cb*	75,46 Bb	80,5 Ab	3,37 Cb	3,67 Bb	4,01 Ab
GEL	93,4 Aa	89,7 Ba	89,4 Ba	5,04 Aa	4,66 Ba	4,67 Ba
LAB	17,4 Ac	13,9 Bc	13,6 Bc	0,78 Ac	0,62 Ac	0,69 Ac
CV (%)		14,68			6,62	

*Médias não seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Analisando-se a porcentagem de germinação e IVG em cada período de armazenamento, constata-se que o ambiente de geladeira foi o mais adequado na conservação das sementes, apresentando valores superiores para as duas variáveis, enquanto no ambiente de laboratório, aos 180 dias de armazenamento, a perda era total da viabilidade das sementes (Tabela 4 e Figura 6).

A perda da viabilidade das sementes em ambiente de laboratório está relacionada à ampla oscilação da umidade relativa do ar e elevada média de temperatura, em torno 24°C, ocasionando, conforme Marcos Filho (2005), o aumento da velocidade das reações químicas e da atividade respiratória das sementes, com conseqüente redução da qualidade fisiológica das mesmas.

Mudanças morfológicas nas sementes em embalagem de papel na câmara fria e em ambiente de laboratório foram constatadas por meio da alteração da coloração do tegumento, passando de marron claro para escuro, e algumas pretas (Apêndice 3). Mudanças na coloração do tegumento frequentemente são indicativo de deterioração das sementes, particularmente nas leguminosas, devido à

aceleração das reações oxidativas, ocasionadas por altas temperaturas e umidade relativa (COPELAND; McDONALD, 1995).

Tabela 4 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL= geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento

Armazenamento (dias)	% Germinação			IVG		
	CF	GEL	LAB	CF	GEL	LAB
60	71,0 c*	93,7 a	87,0 b	3,53 c	4,98 a	4,23 b
120	84,0 a	88,3 a	15,0 b	3,56 a	3,65 a	0,54 b
180	85,0 b	95,7 a	0,0 c	4,68 b	5,50 a	0,00 c
240	81,3 b	92,0 a	0,0 c	3,66 b	4,75 a	0,00 c
300	73,2 b	88,3 a	0,0 c	3,51 b	4,50 a	0,00 c
360	71,7 b	91,3 a	0,0 c	3,82 b	5,26 a	0,00 c
420	60,0 b	86,7 a	0,0 c	3,02 b	4,88 a	0,00 c

*Médias não seguidas pela mesma letra na linha diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Filho e Perez (2009) relataram que os valores de teor de água não atingiram limites prejudiciais sobre a qualidade fisiológica das sementes de ipê em ambiente de laboratório, sendo que a perda da viabilidade foi relacionada às temperaturas registradas (21 a 31 °C). A minimização das taxas metabólicas pode ser alcançada com baixas temperaturas para sementes ortodoxas e recalcitrantes (BONNER, 2008), mas geralmente as espécies tropicais são suscetíveis às injúrias por refrigeração, tolerando temperaturas que variam desde < 20 °C para algumas até < 5 °C para as menos sensíveis (SCHMIDT, 2000).

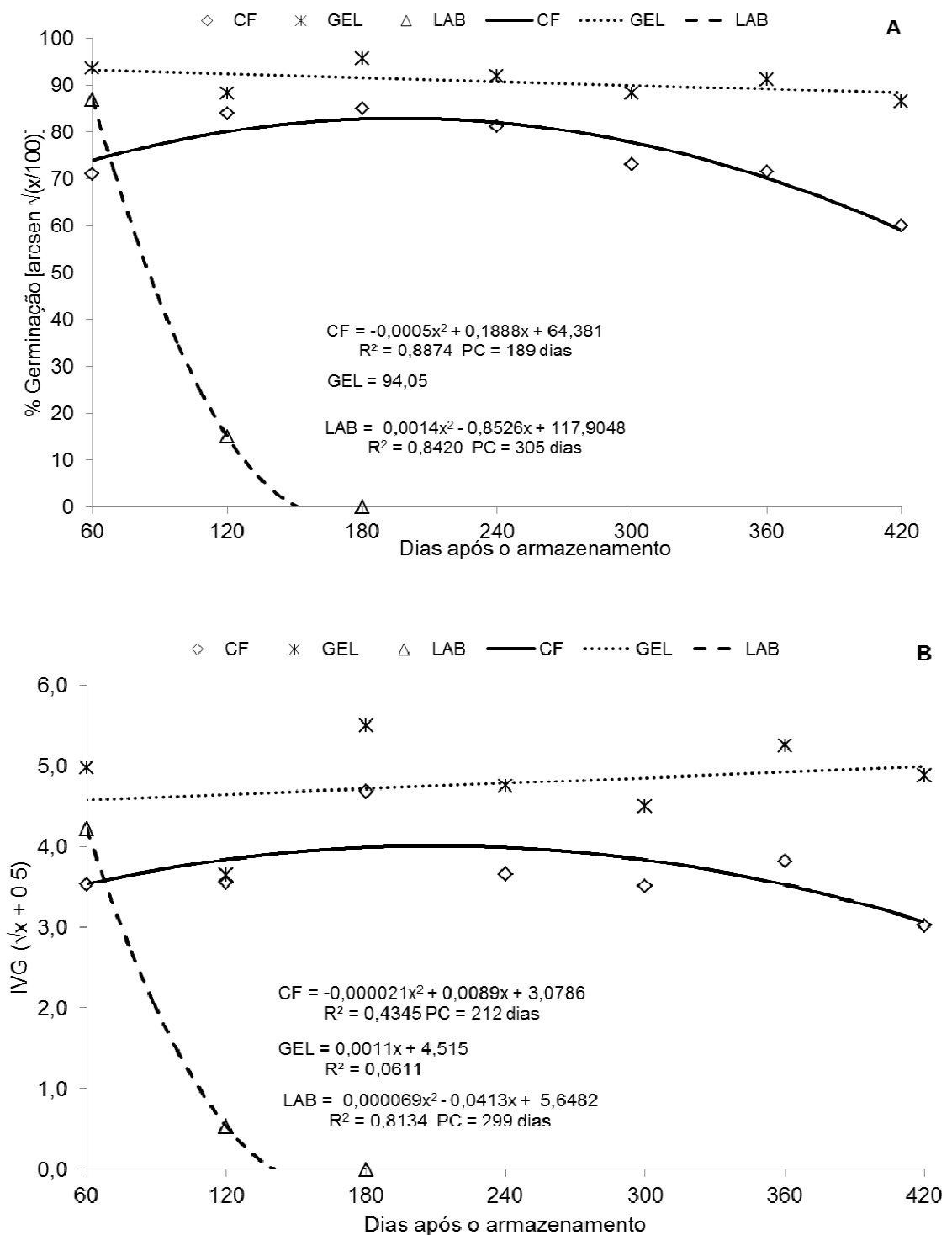


Figura 6 - (A) Porcentagem de germinação e (B) índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) durante 420 dias de armazenamento.

Neste estudo, constata-se que, nas condições avaliadas, as sementes não atingiram o “teor de água letal”, limite abaixo do qual todas as sementes perdem a viabilidade (HONG; ELLIS 1996), pois, na condição de laboratório, aos 180 dias na embalagem de papel, o grau de umidade das sementes foi de 16,5%, com germinação nula, enquanto no ambiente de geladeira, na mesma embalagem, o grau de umidade foi de 10,3%, com germinação de 98%. Dessa forma, não é possível inferir o grau de umidade limite para se realizar a secagem das sementes, havendo indícios de que a espécie é tolerante à dessecação, ou seja, apresenta comportamento ortodoxo ao armazenamento.

Antes de serem armazenadas, as sementes apresentavam 95% de germinação e 5,39 de IVG. No ambiente de geladeira, a germinação inicial diminuiu de 93,7 para 86,7% e, em câmara fria, de 71 para 60%, aos 420 dias, sendo o ponto crítico aos 189 dias na última situação (Figura 6A). O índice de velocidade de germinação apresentou o mesmo comportamento que a variável anterior (Figura 6B), observando-se, para ambas, diminuição dos valores finais se comparados com a amostra controle.

Fowler e Carpanezzi (1998) recomendam o armazenamento de sementes de *Parapiptadenia rigida* em câmara fria (4°C e 89% de U.R.) e embalagem de polietileno, com manutenção de 56% do potencial germinativo por 12 meses. Os autores também sugerem que as sementes apresentam comportamento intermediário, pois as sementes podem ser secas até graus de umidade moderados. Wielewicki et al. (2006) indicam comportamento ortodoxo para esta espécie na condição de armazenamento de câmara fria e seca (12-17°C e 30-45% U.R.).

Filho e Perez (2009), investigando o comportamento das sementes de *Tabebuia roseo-alba* e *Tabebuia impetiginosa* em diferentes condições de armazenamento, observaram perda total da viabilidade das sementes a partir dos 120 dias de armazenamento em ambiente de laboratório (sem controle das condições ambientais). Os autores constataram ainda que o acondicionamento em lata e a manutenção em geladeira são condições adequadas para o armazenamento das sementes das duas espécies.

Marques (2007), investigando a secagem e o armazenamento de duas espécies do gênero *Anadenanthera* (Mimosaceae), *A. peregrina* var. *falcata* e *A. colubrina* var. *cebilli*, concluiu que elas apresentam comportamento ortodoxo, mas com curta longevidade quando armazenadas em ambiente não controlado. As

sementes podem ser armazenadas a médio prazo, acondicionadas em embalagem permeável em câmara seca, impermeável em câmara fria, liofilizadas e acondicionadas em embalagem impermeável em sala de laboratório.

Pelos resultados obtidos, pode-se constatar que as sementes de *Parapiptadenia rigida* acondicionadas em ambiente de geladeira e embalagem de papel apresentaram os melhores resultados no teste de germinação, podendo-se também usar as embalagens de plástico e vidro. O ambiente de geladeira também apresentou os melhores resultados quando avaliado o vigor das sementes pelo teste de condutividade elétrica. Não foram observadas variações significativas no tempo para a porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e condutividade elétrica, corroborando, dessa forma, para a indicação do ambiente geladeira na conservação das sementes da espécie em estudo.

Outras possibilidades de armazenamento devem ser investigadas para as sementes de angico vermelho, como, por exemplo, a criopreservação, a liofilização e o uso de atmosfera modificada, assim como a redução do grau de umidade das sementes, a níveis inferiores ao registrado no estudo, objetivando sua viabilidade para o armazenamento a longo prazo.

6 CONCLUSÕES

- O teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* pode ser realizado utilizando-se a técnica de semeadura entre areia, na temperatura de 25°C, com contagem inicial de plântulas aos quatro dias e final aos dez dias após a semeadura.

- O armazenamento das sementes em embalagem de papel, em ambiente de geladeira, é o mais adequado na conservação das sementes de angico-vermelho por 420 dias, podendo também utilizar embalagens de plástico e vidro na mesma condição.

- Sugere-se que esta espécie apresenta comportamento ortodoxo em relação ao armazenamento, em função dos graus de umidade obtidos no estudo.

CAPÍTULO II

FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA E VOLUME DE TUBETES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan E CRESCIMENTO INICIAL PÓS-PLANTIO

Resumo

A crescente demanda por mudas de espécies florestais nativas exige o aprimoramento do padrão de qualidade do processo produtivo por meio de técnicas mais eficientes utilizadas nos viveiros. Dessa forma, este estudo teve por objetivo investigar o efeito de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) e volume de tubetes na formação de mudas de *Parapiptadenia rigida* na fase de viveiro e subsequente desempenho inicial a campo. Em viveiro, foi avaliado o efeito de cinco doses de FLC, NPK (18-05-09), nas doses de 0 (testemunha), 3, 6, 9 e 12 g L⁻¹ de substrato, combinadas com três volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³). Foram realizadas, mensalmente, durante sete meses, mensurações da altura (H), diâmetro do coleto (DC) e calculada a relação H/DC. Aos 90, 150 e 210 dias foram avaliadas as massas secas da parte aérea, sistema radicular e total. Ao final da etapa de viveiro determinou-se o teor de macro e micronutrientes na parte aérea (folhas + caule) das mudas. Os mesmos tratamentos foram avaliados a campo, durante um período de 300 dias, verificando-se a taxa de sobrevivência inicial e mensurando-se, a cada 60 dias, a H, o DC e calculando-se a H/DC. No viveiro, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e a campo em blocos ao acaso, com quatro repetições. Pelos resultados obtidos, infere-se que a dose de 9 g L⁻¹ de substrato combinada com o tubete de 180 cm³ apresentou, de maneira geral, os melhores resultados para as variáveis morfológicas analisadas em viveiro, obtendo-se mudas com padrões para o plantio a campo. No pós-plantio, o mesmo recipiente teve desempenho superior, independentemente da dose de FLC, a qual apresentou resposta de aumento linear no tempo, devido ao esgotamento do FLC no substrato e provável lixiviação dos nutrientes.

Palavras-chave: Angico-vermelho. Fertilização. Recipientes. Plantio a campo.

Abstract

The growing demand for seedlings of native species requires the improvement of the quality standard of the production process by means of more efficient techniques used in nurseries. This study aimed to investigate the effect of different doses of controlled release fertilizers (FLC) and volume of containers in the formation of *Parapiptadenia rigida* seedlings in the nursery and subsequent early performance in the field. In the nursery, was evaluated the effect of five doses of FLC, NPK (18-05-09) at doses of 0 (control), 3, 6, 9 and 12 g L⁻¹ substrate, combined with three volumes of containers (50, 110 and 180 cm³). It was carried out monthly for seven months, measurements of height (H), stem diameter (DC) and calculated the ratio H/DC. At 90, 150 and 210 days were evaluated dry mass shoot, root system and total. At the end of the nursery stage was determined the level of macro and micronutrients in the shoot (leaves + stems) seedlings. The same treatments were field evaluated, during a period of 300 days, verifying the survival rate initial and measuring, up every 60 days, H, DC and calculating the H/DC. In the nursery, the experiment was conducted in a randomized design and the field in a randomized block design, with four replications. From the results, it appears that the dose of 9 g L⁻¹ substrate combined with the container of 180 cm³ showed, in general, the best results for the morphological variables analyzed in the nursery, yielding seedlings with standards for planting in the field. In the post-planting, the same container had superior performance, regardless of the FLC dose, which showed a linear increase in response time, due to depletion of FLC in the substrate and likely leaching of nutrients.

Keywords: Angico-vermelho. Fertilization. Containers. Planting in the field.

7 INTRODUÇÃO

A fertilização é um dos pontos críticos na produção de mudas de qualidade em viveiro, pois as plântulas esgotam rapidamente os nutrientes armazenados nas sementes, que apresentam reservas limitadas (JACOBS; LANDIS, 2009). O uso de substratos, geralmente pobres em conteúdo nutritivo, porém adequados em suas características físicas e estruturais, faz com que a adição de fertilizantes seja a principal fonte de nutrientes disponível para a planta durante o cultivo (OLIET et al., 1999).

O suprimento insuficiente de um elemento nutricional essencial resulta em distúrbios metabólicos na planta, diagnosticados por sintomas de deficiência (TAIZ; ZEIGER, 2009), limitando seu crescimento e desenvolvimento. A disponibilidade total de nutrientes pode variar amplamente dentro de uma faixa adequada, sem efeito perceptível sobre o rendimento de matéria seca, ou seja, após a necessidade da planta ser atendida, uma fertilização maior não resultará em respostas no crescimento, caracterizando-se como “consumo de luxo” (LARCHER, 2000).

Na produção de mudas, é fundamental determinar as exigências nutricionais para cada espécie, método de produção e fase de crescimento (VALERI; CORRADINI, 2005). Geralmente, adiciona-se uma adubação de base junto ao substrato, no momento do seu preparo, e, durante a fase de crescimento, são realizadas fertilizações de cobertura na forma líquida, com N e K mais micronutrientes (MORAES NETO et al., 2003a).

Muitos dos fertilizantes utilizados são altamente solúveis, liberando rapidamente os íons para a solução, enquanto outros são formulados para disponibilizar seus nutrientes ao longo do tempo, sendo que a taxa de liberação é influenciada pela temperatura, umidade e atividade microbiológica (LANDIS, 1989).

Os fertilizantes de liberação controlada (FLC) representam uma tecnologia avançada, desenvolvida para o fornecimento de nutrientes minerais na produção de mudas em viveiros (LANDIS; DUMROESE, 2009). Esses se caracterizam por possuir uma camada de resina orgânica permeável, normalmente contendo NPK no seu interior, de modo que o processo de liberação dos nutrientes ocorre em várias etapas. Em um primeiro momento, o vapor da água da irrigação é absorvido através

de poros microscópicos do revestimento, criando, assim, um gradiente osmótico dentro da cápsula, tornado o revestimento flexível para expandir. Isso aumenta os pequenos poros e os nutrientes são liberados no solo ou no substrato. A frequência de irrigação e a temperatura média são os principais fatores ambientais que afetam a velocidade deste processo. As taxas de liberação são ajustadas pelo fabricante, alterando a espessura e a natureza do material, e a duração pode variar de 3 a 18 meses (VALERI; CORRADINI, 2005; JACOBS; LANDIS, 2009; LANDIS; DUMROESE, 2009).

Outro aspecto fundamental a ser observado na produção de mudas em viveiro é a escolha do tipo de recipiente, pois, além de controlar a quantidade de água e nutrientes minerais disponíveis para o crescimento da planta, o tipo e suas dimensões podem afetar muitos aspectos operacionais do processo produtivo (LUNA; LANDIS; DUMROESE, 2009). Além disso, a escolha do recipiente está associada ao substrato, pois esse insumo tem grande influência no ciclo de produção.

Conforme Landis (1990), a escolha do recipiente mais adequado a ser utilizado depende de fatores de ordem biológica, como o tamanho das sementes, porte desejado da muda e as condições ambientais do local de plantio. Já sob o ponto de vista econômico, deve-se considerar o custo inicial, disponibilidade de insumos e espaço disponível para o cultivo.

Atualmente, os principais recipientes utilizados para a produção de mudas de espécies florestais são os tubetes de polipropileno, os quais apresentam as seguintes vantagens, se comparados com os sacos plásticos: melhor qualidade do sistema radicular (sem enovelamento); maior grau de mecanização; permite melhor ergonomia durante a produção; possibilidade de reutilização; não há a necessidade de executar a poda das raízes; consumo de substrato é bem menor; facilidade de remoção e manuseio das mudas; permite a realização da alternagem; maior produção de mudas por unidade de área; redução no custo de transporte e distribuição das plantas no campo (WENDLING et al., 2001; GONÇALVES et al., 2005; DAVIDE; FARIA, 2008; GOMES; PAIVA, 2008).

A busca de novas tecnologias nos viveiros ocorre devido à necessidade de produzir mudas de qualidade superior, por meio de técnicas e manejo adequados para cada espécie, objetivando o sucesso no estabelecimento do plantio a campo. Conforme South (2000), a sobrevivência é afetada por diversos fatores, incluindo o

ambiente, o manejo, a morfologia e a fisiologia das mudas. Por meio da observação das características morfológicas da planta, é possível prever o desempenho pós-plantio, especialmente à sobrevivência e ao crescimento inicial (RITCHIE et al., 2010).

A altura e o diâmetro são as duas variáveis morfológicas comumente avaliadas, sendo bons indicadores da qualidade das mudas e subsequente desempenho a campo (MEXAL; LANDIS, 1990; HAASE, 2008). O maior diâmetro e sistema radicular das mudas proporcionam crescimento superior, se comparados com mudas menores e com raízes mal formadas (RITCHIE et al., 2010).

De acordo com Landis, Dumroese e Haase (2010), plantas que apresentam elevada taxa de sobrevivência no campo podem perder seu vigor, devido às condições de sítio ou baixa qualidade das mudas plantadas, ou até mesmo morrer. Dessa forma, segundo esses autores, é fundamental o monitoramento da taxa de sobrevivência e do crescimento inicial nos primeiros meses após o plantio a campo e ao final do primeiro ano, com verificações posteriores aos três e cinco anos, a fim de se obterem indicativos das taxas de crescimento das plantas.

Diante desse contexto, fazem-se necessárias pesquisas que visem investigar as técnicas mais favoráveis à formação de mudas de qualidade superior, especialmente para as espécies florestais nativas, em razão da crescente demanda para os mais diversos fins. A *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae), conhecida popularmente como angico-vermelho, apresenta ampla distribuição geográfica e, por isso, torna-se uma espécie de relevante interesse na recuperação ambiental e reflorestamento. Contudo, a carência de estudos sobre aspectos silviculturais compromete sua perpetuação e cultivo (FARIAS; HOPPE; VIVIAN, 2005). Além disso, essa é uma das espécies arbóreas mais conhecidas pela população sul-brasileira, usada principalmente para construções rurais e lenha (BACKES; IRGANG, 2009), moirões e outros usos externos, devido à resistência natural da madeira.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de fertilizante de liberação controlada e volume de tubetes na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida*, na fase de viveiro, e subsequente desempenho inicial no campo.

8 MATERIAL E MÉTODOS

8.1 Produção de mudas em viveiro

O estudo foi conduzido no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais (29°43'S; 53°43'W) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), entre abril e novembro de 2010. Conforme a classificação de Köppen, a região apresenta clima do tipo 'Cfa' (subtropical úmido), caracterizado por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18 °C, e do mês mais quente superior a 22 °C, com precipitação média anual de 1.769 mm (MORENO, 1961). Ocorrem na região as quatro estações bem definidas, cujos meses mais frios compreendem entre junho e setembro, e os mais quentes entre dezembro e março.

As sementes utilizadas no trabalho foram provenientes de frutos de *Parapiptadenia rigida*, coletadas em setembro de 2009 de 28 árvores localizadas em fragmentos florestais de Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Maria (RS). Após a coleta, procedeu-se o beneficiamento, extraindo-se as sementes dos legumes e acondicionando-as em embalagem de plástico semipermeável (90 micras de espessura) armazenadas em câmara fria (T = 8 °C; U.R. = 86%) por 212 dias.

Os tratamentos foram constituídos pelos seguintes fatores: três volumes de tubetes, 50 cm³ (4 estrias, diâmetro interno de 26 mm e altura de 12,5 cm), 110 cm³ (6 estrias, diâmetro interno de 35 mm e altura de 13,5 cm) e 180 cm³ (8 estrias, diâmetro interno de 52 mm e altura de 13 cm); e cinco doses de fertilizante de liberação controlada (Osmocote® 18-05-09) nas doses de 0 (testemunha), 3, 6, 9, e 12 g L⁻¹ de substrato. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e 27 plantas por parcela, em esquema trifatorial com parcelas subdivididas no tempo (3 tubetes × 5 doses × 5 tempos de avaliação). As 60 unidades experimentais (parcelas) foram constituídas por bandejas de polipropileno de 43,5 cm de largura × 63,0 cm de comprimento e 16,5 cm de altura. Em cada bandeja foram colocados 48 tubetes, totalizando 2.880 tubetes no experimento.

O fertilizante de liberação controlada (FLC) utilizado apresentou a seguinte composição química: 18% de N (8,4% de NH₄⁺ e 9,6% de NO₃⁻), 5,0% de P₂O₅ e

9,0% de K_2O , revestido por uma resina orgânica semipermeável. Segundo as especificações técnicas do fabricante, quando colocado em substrato úmido, a uma temperatura média de $21,1\text{ }^\circ\text{C}$, a liberação de todos nutrientes ocorre em um prazo entre 5 e 6 meses.

Os tubetes foram preenchidos com substrato comercial Carolina Soil[®], composto de turfa "Sphagno", vermiculita expandida e acrescido de 20% de casca de arroz carbonizada. Além disso, o substrato possuía calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK. A sua caracterização física foi realizada no Laboratório de Substratos para Plantas (FEPAGRO), a qual apresentou os seguintes atributos: pH de 6,08, condutividade elétrica de $408,5\ \mu\text{s cm}^{-1}$, densidade de $120\ \text{kg m}^{-3}$, espaço de aeração de 30,6% e água facilmente disponível 20,6%.

O experimento foi instalado em abril de 2010 semeando-se duas sementes por recipiente. Aos 30 dias após a semeadura foi efetuado um raleio, com o objetivo de eliminar a plântula excedente, e alternagem, mantendo-se 27 tubetes por bandeja. Aos 90 dias após a semeadura, iniciaram-se as adubações de cobertura, servindo de complemento no aporte de macro e micronutrientes, aplicando-se o fertilizante Peter's Professional[®] (9-45-15) na dose de $3\ \text{g L}^{-1}$, aplicado semanalmente via solução aquosa nas horas com temperaturas amenas. Aplicavam-se, aproximadamente, 5 L da solução em 1.620 mudas. O fertilizante possuía a seguinte constituição química: 9,0% de N; 45% de P_2O_5 ; 15% K_2O ; 0,10% de Mg; 0,0088% de B; 0,0036% de Cu; 0,05% de Fe; 0,025% de Mn; 0,0009% de Mo e 0,0025% de Zn.

As unidades experimentais permaneceram em casa de vegetação (crescimento) por 180 dias (Apêndice 4A) e, após, foram transferidas para área de aclimatação (rustificação) por mais 30 dias (Apêndice 4D). A irrigação no primeiro ambiente foi realizada por uma barra móvel de microaspersores com lâmina d'água de 5 mm e, no segundo ambiente, 17 mm diários. Durante os períodos de dias chuvosos e temperaturas amenas, a irrigação era desligada, a fim de evitar o excesso de água nos locais.

Aos 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a semeadura mensurou-se, em oito mudas tomadas aleatoriamente na área central de cada parcela, a altura da parte aérea das mudas (H), em centímetros, com régua milimetrada, e o diâmetro do coleto (DC), em milímetros, com paquímetro digital, e calculou-se a relação H/DC. Nos cinco tempos de avaliação foram avaliadas as mesmas oito plantas por parcela.

Aos 90, 150 e 210 dias realizou-se uma amostragem, selecionando-se, aleatoriamente, oito mudas por tratamento, para avaliação da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST).

Para a avaliação dessas variáveis, as plantas foram separadas em parte aérea e sistema radicular, sendo a última lavada em água corrente com o auxílio de peneiras. Após, o material foi acondicionado em sacos de papel e submetido à secagem em estufa a 70°C, até atingir peso constante. Em seguida, efetuou-se a pesagem da massa seca, expressa em gramas, utilizando uma balança eletrônica de precisão.

Ao final do experimento, selecionou-se, aleatoriamente, 40 mudas por tratamento (10 mudas de cada repetição), seccionando-se a parte aérea para a determinação do teor de macro e micronutrientes. O material foi encaminhado para análise de tecido vegetal no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCFL), da UFSM.

8.2 Plantio das mudas a campo

O plantio foi realizado em uma área a pleno sol, adjacente ao Viveiro Florestal (DCFL/UFSM), localizada nas coordenadas 29°43'12" de latitude Sul e 53°43'13" de longitude Oeste, a 96 metros de altitude. Utilizou-se os mesmos tratamentos (mudas) descritos no experimento em viveiro para serem avaliados a campo. Primeiramente, aplicou-se herbicida (Glifosato®) em área total e, após, foram abertas covas circulares, de 75 cm de profundidade e 225 cm² de área (0,05 m³), com auxílio de um perfurador de solo acoplado em um trator (Apêndice 5A e B). As covas foram preenchidas com terra de subsolo (Apêndice 5C), a qual foi caracterizada por meio de análise química, realizada no Laboratório de Análise de Solos (UFSM), conforme a tabela 5. De forma geral, segundo a classificação da CQFS (2004), o pH do solo é considerado muito baixo, o teor de matéria orgânica (MO) médio, fósforo médio, potássio alto, cálcio e magnésio alto.

Tabela 5 - Atributos químicos do subsolo utilizado para preenchimento das covas, no plantio a campo de mudas de *Parapiptadenia rigira*, Santa Maria (RS)

pH (H ₂ O) 1:1	MO (%) m/v	P-Mehlich mg dm ⁻³	K	CTC _{pH 7,0}	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _{efet.}	Índice SMP	Textura
				cmol _c dm ⁻³							
4,6	3,0	9,3	92	15,3	5,6	1,7	0,7	7,7	8,3	5,5	3,0

O espaçamento utilizado no plantio foi de 1 × 1 m entre mudas e 1,5 m entre blocos. O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro plantas por parcela, em esquema trifatorial, com parcelas subdivididas no tempo (3 tubetes × 5 doses × 5 tempos de avaliação). O plantio foi realizado no dia 13 de janeiro de 2011, totalizando 240 mudas (Apêndice 5D).

No primeiro mês foram efetuadas irrigações semanais, adicionando-se, aproximadamente, 1 L de água por muda, com uso de regador. As fertilizações de cobertura foram realizadas aos 30 e 240 dias após o plantio, utilizando-se o fertilizante Multifétil[®], composto por NPK (5-20-20) à base de uréia, óxido de fósforo e óxido de potássio. Aplicou-se 100 g de fertilizante, distribuindo 50 g em dois lados opostos da planta, a uma distância de, aproximadamente, 20 cm (Apêndice 5E). Aos 210 dias após o plantio foram colocados tutores de 2 m de altura nas plantas, para protegê-las da ação de ventos fortes, devido à inclinação do caule.

O controle de formigas cortadeiras foi realizado ao longo do experimento, por meio da aplicação de formicida granulado, quando necessário. Também executou-se o controle da matocompetição, via aplicação de herbicida (Glifosato[®]) ao redor das plantas, com o auxílio de um pulverizador costal, acoplado no bico pulverizador um “chapéu-de-napoleão”, a fim de manter o jato direcionado a um área restrita, evitando a deriva do produto.

Trinta dias após a implantação verificou-se a taxa de sobrevivência das mudas e, aos 60, 120, 180, 240 e 300 dias após o plantio, mensuraram-se a altura da parte aérea das mudas (H), em centímetros, com régua milimetrada, o diâmetro do coleto (DC), em milímetros, com paquímetro digital, e calculou-se a relação H/DC.

8.3 Análise estatística

Em ambos os experimentos (viveiro e campo) os dados foram submetidos à análise de variância e determinação da significância dos efeitos principais dos fatores e das interações. Quando a interação tripla foi significativa, ajustaram-se superfícies de respostas para a combinação de dois fatores. Para os demais, quando necessário, realizou-se o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott e/ou regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro. No caso de efeito significativo de equações quadráticas determinou-se o ponto crítico (PC) ou dose de máxima eficiência técnica (DMET). Nas análises utilizou-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 Crescimento das mudas em viveiro

A emergência das sementes de angico-vermelho, aos 30 dias após a semeadura, foi elevada, verificando-se uma taxa de 99%. A partir desse dado, é possível verificar que a fertilização de base não prejudicou a emergência das plântulas. Oliet et al. (1999) constataram, para *Pinus halepensis*, que a fertilização também não interferiu na taxa germinativa das sementes, até a dose 7 g L⁻¹ de FLC, apesar da elevada condutividade elétrica da água drenada da solução do substrato.

De acordo com a análise de variância, o diâmetro do coleto apresentou interação significativa entre doses × tempo e tubetes × tempo. O crescimento em diâmetro foi crescente ao longo do tempo, apresentando comportamento quadrático em função das doses de fertilizante em todas as avaliações (Figura 7 e Tabela 6). De acordo com a tabela 6, a dose de máxima eficiência técnica (DMET) estimada para essa variável variou de 8,9 a 9,9 g L⁻¹, durante o período de crescimento em viveiro, sendo que, de maneira geral, correspondeu a um valor de 9,3 g L⁻¹.

Fertilizações acima do máximo estimado influenciaram de forma negativa no crescimento em diâmetro, havendo comportamento decrescente. Conforme Faquin (2002), é provável que isso ocorra devido ao efeito de excesso de nutrientes, causando toxidez ou deficiência induzida de outro nutriente. Ao se comparar a dose de 9,0 g L⁻¹ com a testemunha, aos 210 dias, verificou-se um aumento de 28% (3,1 mm) para o diâmetro do coleto.

Brondani et al. (2008), investigando o efeito de diferentes doses de FLC (Osmocote[®] 14-14-14) no crescimento de mudas de angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), verificaram que a dose estimada de 1,53 g L⁻¹, aos 95 dias após a semeadura, correspondeu ao maior diâmetro (2,12 mm), sendo que, na dose de 5,0 g L⁻¹, houve decréscimo para essa variável. Moraes Neto et al. (2003a) observaram que o diâmetro do coleto na maior dose de FLC (6,42 g L⁻¹ de FLC 14-14-14) não diferiu da fertilização convencional para as espécies *Guazuma ulmifolia*, *Peltophorum dubium* e *Calycophyllum spruceanum*.

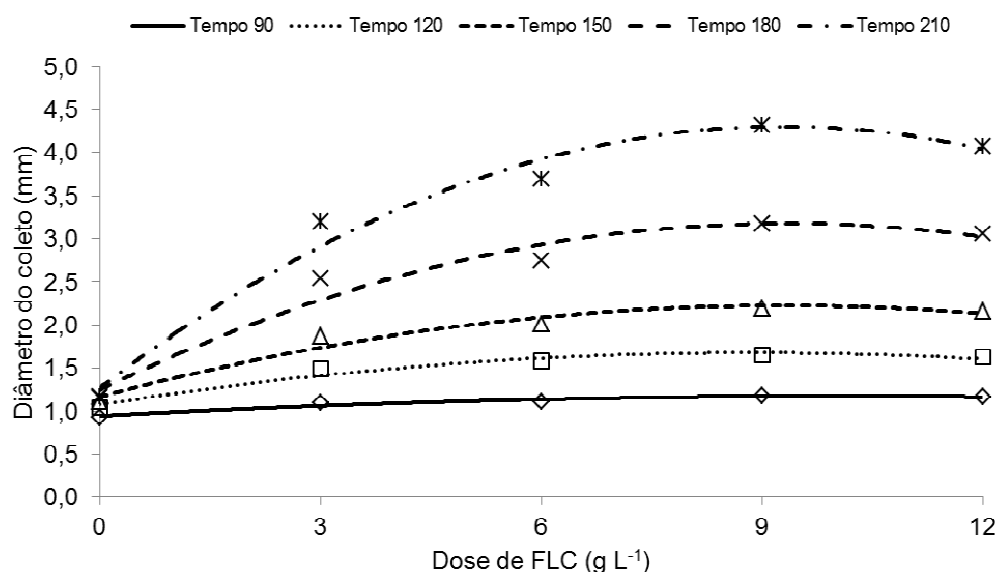


Figura 7 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, em função das doses de FLC, nos diferentes períodos de avaliação, na fase de viveiro.

Tabela 6 - Equações de regressão e dose de máxima eficiência técnica (DMET) estimadas para o crescimento em diâmetro do coleto (DC) e altura (H), de mudas de *Parapiptadenia rigida*, nos diferentes períodos de avaliação na fase de viveiro

Variável analisada	Tempo (dias)	Equação de regressão	R ²	DMET (g L ⁻¹)
DC (mm)	90	$y = -0,0024x^2 + 0,0472x + 0,9406$	0,9485	9,9
	120	$y = -0,0076x^2 + 0,1354x + 1,0766$	0,9626	8,9
	150	$y = -0,0122x^2 + 0,2272x + 1,1662$	0,9623	9,3
	180	$y = -0,0222x^2 + 0,4144x + 1,2466$	0,9607	9,3
	210	$y = -0,0353x^2 + 0,654x + 1,2686$	0,977	9,3
H (cm)	90	$y = -0,0284x^2 + 0,575x + 3,3374$	0,9679	10,1
	120	$y = -0,0792x^2 + 1,5736x + 3,8303$	0,9484	9,9
	150	$y = -0,1484x^2 + 2,9569x + 4,1204$	0,9744	10
	180	$y = -0,2697x^2 + 5,3186x + 4,0226$	0,985	9,9
	210	$y = -0,3122x^2 + 6,4862x + 3,5245$	0,9942	10,4

Ao analisar o efeito dos tubetes no crescimento em diâmetro no tempo, pode-se constatar que não houve diferença significativa entre os mesmos até 150 dias após a semeadura (Figura 8 e Tabela 7). Aos 180 dias, os tubetes de 50 e 110 cm³ não difeririam entre si, proporcionando o recipiente de 180 cm³ mudas com diâmetro superior. Na última avaliação, quanto menor o tubete mais reduzido foi o diâmetro do coleto, provavelmente, devido à restrição ocasionada para o crescimento do sistema radicular. Independentemente do recipiente, todas as mudas de angico-vermelho atingiram diâmetro do coleto superior a 3 mm ao final do ciclo de produção, característica considerada como padrão de qualidade em mudas florestais (RIBEIRO et al., 2001; GOMES; PAIVA, 2008).

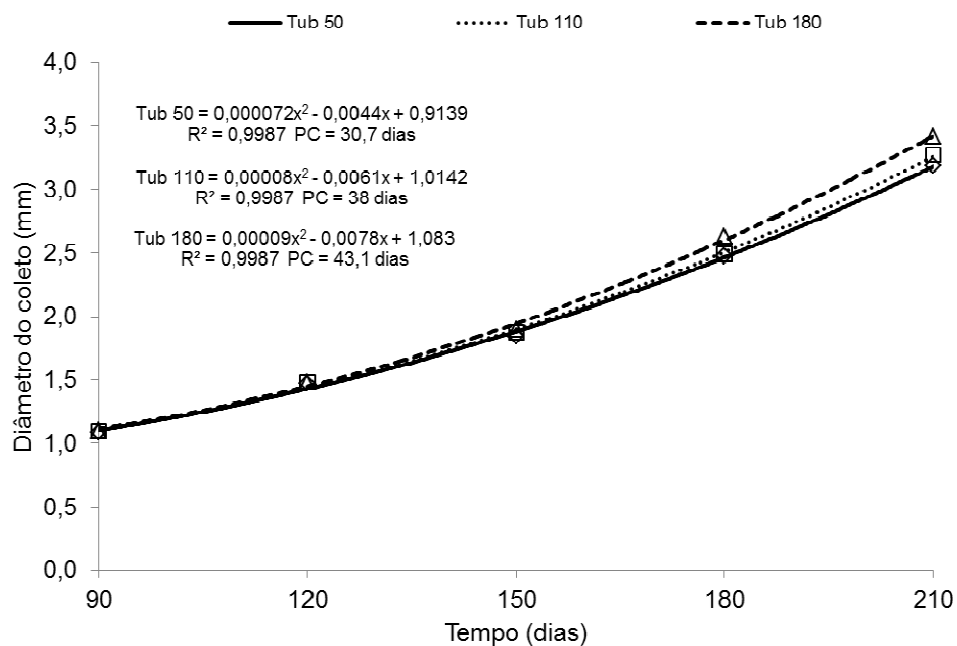


Figura 8 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação, na fase de viveiro.

Tabela 7 - Efeitos de diferentes volumes de tubetes no crescimento em diâmetro do coleto (DC), altura (H) e relação H/DC, de mudas de *Parapiptadenia rigida* nos períodos de avaliação na fase de viveiro

Tubete (cm ³)	Tempo (dias)				
	90	120	150	180	210
Diâmetro do coleto (mm)					
50	1,09 a*	1,47 a	1,84 a	2,47 b	3,18 c
110	1,09 a	1,48 a	1,87 a	2,49 b	3,27 b
180	1,10 a	1,48 a	1,90 a	2,63 a	3,41 a
Altura (cm)					
50	5,03 a	8,60 a	12,84 c	18,55 c	20,85 c
110	5,23 a	8,95 a	13,77 b	20,74 b	25,49 b
180	5,49 a	9,44 a	14,94 a	24,83 a	30,41 a
Relação H/DC					
50	4,62 a	5,70 b	6,67 c	7,02 c	6,08 c
110	4,76 a	5,89 b	6,98 b	7,73 b	7,13 b
180	4,91 a	6,17 a	7,47 a	8,66 a	8,08 a

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada variável, diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Diversos estudos apontam que o diâmetro do coleto é a variável que melhor prediz o desempenho no pós-plantio, indicando a qualidade das mudas, porém podem ocorrer variações para cada espécie e condições de plantio (RITCHIE et al., 2010). Gomes e Paiva (2004) recomendam que as mudas devem apresentar diâmetro do coleto superior para favorecer o equilíbrio do crescimento da parte aérea, principalmente, para aquelas que necessitam de maior tempo de rustificação.

Brachtvogel e Malavasi (2010) constataram, para *Pelthorum dubium*, que mudas conduzidas em recipientes de maiores dimensões apresentaram maiores médias de diâmetro do coleto, tanto na forma de adubação convencional (por m³ de substrato) quanto individual (para cada recipiente), misturada ao substrato. Ferraz e Engel (2011), avaliando o efeito de diferentes tamanhos de tubetes na qualidade das mudas de espécies florestais, verificaram, para *Parapiptadenia rigida*, que a partir dos 40 dias após a emergência das plântulas, as mudas produzidas no tubete de 300 cm³ apresentaram diâmetro do coleto superior, se comparadas com as dos tubetes de 50 e 110 cm³. Esses autores observaram que ao final do período de crescimento (170 dias) esta espécie apresentou diâmetro de 6,09 mm no maior recipiente e 4,58 mm no menor.

Estudos demonstram que a diminuição no volume do recipiente causa restrição ao crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, ocasiona menor altura das mudas, dependendo do adensamento, conforme observado para *Eucalyptus grandis* (GOMES et al., 2003), *Criptomerica japonica* (SANTOS et al., 2000) e *Peltophorum dubium* (BRACHTVOGEL; MALAVASI, 2010).

Com relação à altura, verificou-se interação tripla significativa entre os três fatores (doses de FLC × tubetes × tempo), no entanto, por meio da análise de superfície de resposta, não foi possível encontrar um ponto de máximo absoluto (combinação entre dose de FLC e tempo que expresse a maior altura para cada tubete) (Apêndice 6A, B e C). Dessa forma, procedeu-se a análise das interações duplas. Analisando a interação doses × tubetes, apresentada na figura 9, pode-se observar que o tubete de maior volume apresentou crescimento em altura superior, para todas as doses de FLC, e no menor tubete crescimento inferior. Somente na dose de 12 g L⁻¹ de FLC os recipiente de 50 e 110 cm³ não diferiram entre si. Todos os recipientes apresentaram comportamento quadrático em função da fertilização, concordando com o que também foi observado para o diâmetro do coleto, na figura 7.

A dose de máxima eficiência técnica estimada para o tubete de 180 cm³ foi de 9,3 g L⁻¹ e, para os demais tubetes, a dose apresentou valores superiores, havendo uma tendência de aumento da DMET conforme a diminuição do volume do recipiente (Figura 9). Isso, provavelmente, esteja ligado a menor quantidade de substrato nos menores recipientes, limitando o crescimento radicular e a quantidade de reservas nutricionais para a planta, necessitando-se, assim, de maiores quantidades de fertilizante, até certos limites, para compensar as perdas por lixiviação e maior demanda da planta na fase de crescimento.

Conforme Landis (1989), durante a fase de rápido crescimento, tanto a concentração como o balanço entre os nutrientes, no meio de crescimento de menor volume, podem mudar rapidamente, exigindo maior atenção dos viveiristas para a reposição constante e balanceada de todos os nutrientes minerais essenciais.

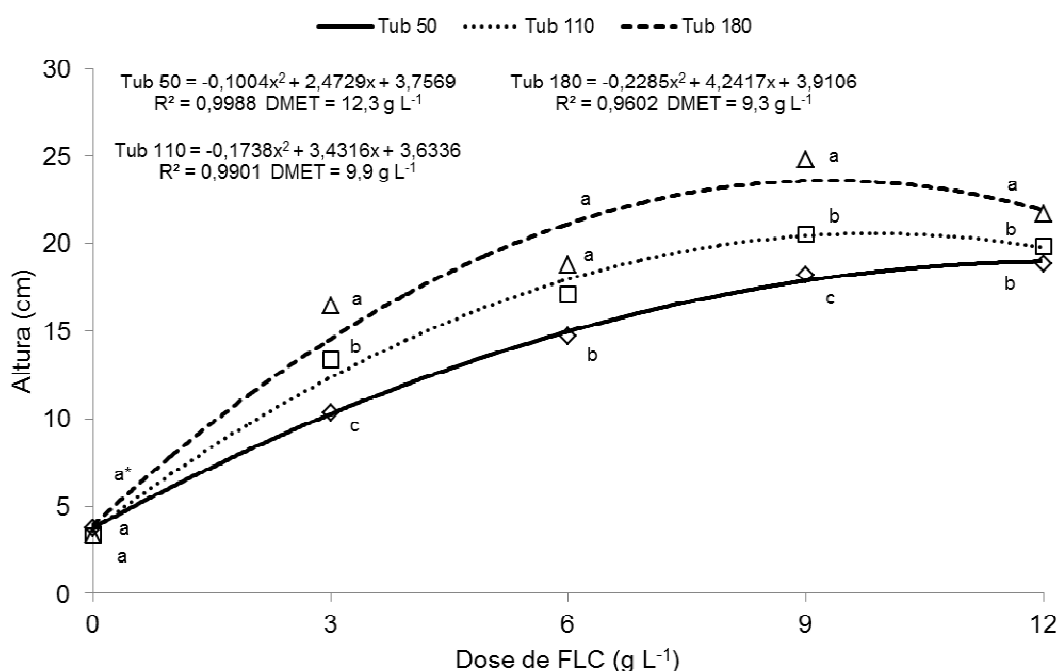


Figura 9 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), na fase de viveiro. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada dose de FLC diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Ao se considerar a interação doses × tempo para a variável altura, conforme a figura 10 e tabela 6, verificou-se que, em todos os tempos de avaliação, as mudas apresentaram comportamento quadrático crescente e, no decorrer do tempo, o crescimento em altura foi aumentando, com exceção da testemunha, na qual a variação desta variável foi menos pronunciada, com média final de 3,46 cm (desvio padrão = 0,14). Esse comportamento também se assemelha ao verificado para o diâmetro do coleto, no entanto, as exigências nutricionais foram maiores para a formação da parte aérea.

Conforme a tabela 6, as doses de máxima eficiência técnica estimadas para a altura variaram de 9,9 a 10,4 g L⁻¹ no decorrer do tempo, sendo que, de maneira geral, a mesma correspondeu a um valor de 10,1 g L⁻¹. De modo semelhante ao observado para o diâmetro do coleto, constatou-se também, para a altura, que doses superiores a 9,0 g L⁻¹ causaram diminuição no incremento, à exceção das mudas produzidas no menor tubete, às quais tiveram crescimento crescente em função da fertilização (Figura 9). Aos 180 dias após a semeadura, as mudas de

angico-vermelho apresentaram altura de 30,9 cm, na dose de 9,0 g L⁻¹. Ao se comparar o valor de altura final desta dose com a testemunha observou-se um acréscimo de 34,5 cm (9,2%).

Braga (2006), avaliando substratos e fertilizações na produção de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*), verificou que, aos 90 dias, as mudas dessa espécie atingiram altura adequada para o plantio no campo, com mínimo de 25 cm, utilizando tubetes de 115 cm³ combinados com 8,0 g L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada (NPK 15-09-12 + Ca + Mg + micronutrientes). Brondani et al. (2008) também observaram, para *Anadenanthera colubrina*, comportamento quadrático no crescimento em altura das mudas, em função das doses de FLC, sendo que a DMET foi estimada em 2,74 g L⁻¹, correspondendo a uma altura de 17,2 cm e acréscimo de 16% em relação à testemunha.

Para *Araucaria angustifolia*, o uso de fertilizante de liberação lenta (NPK 13-6-16) teve efeito positivo para a variável altura da parte aérea, atingindo 34,06 cm aos 190 dias, com a dose de 9 g L⁻¹, no entanto, para canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), foi observado efeito inibitório no crescimento das mudas com a dose mencionada anteriormente (ROSSA et al., 2011). Espécies com crescimento mais lento, como as clímax, são menos sensíveis à fertilização, ao passo que as espécies pioneiras têm seu potencial de crescimento restringido quando o fator nutricional é limitante (RESENDE et al., 1999).

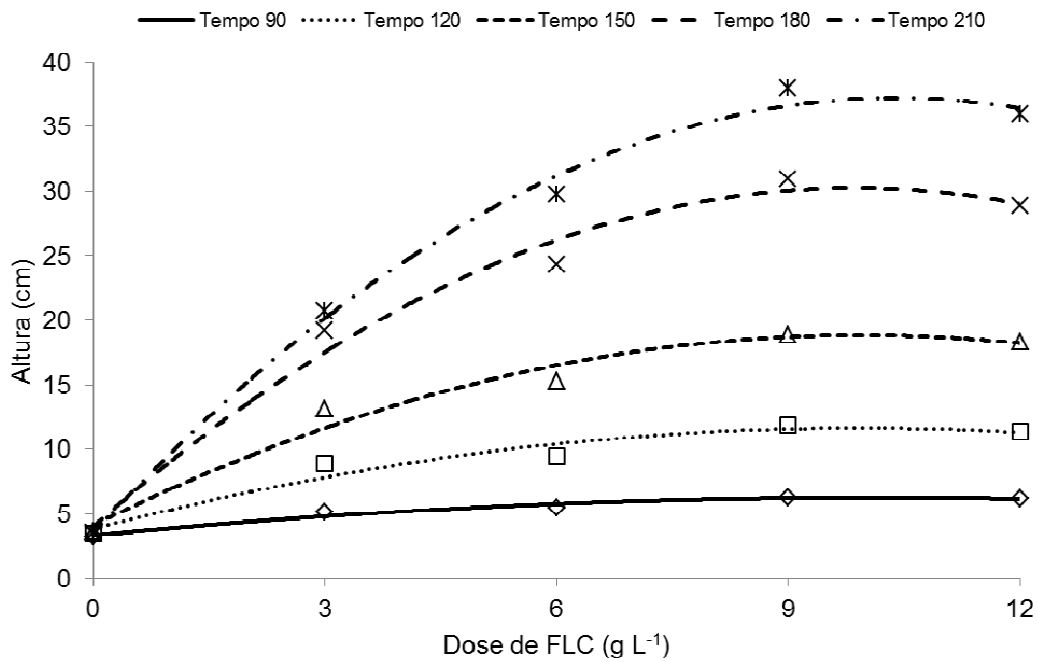


Figura 10 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, em função das doses de FLC, nos diferentes períodos de avaliação, na fase de viveiro.

Ao se avaliar a interação tubetes \times tempo verificou-se comportamento linear crescente para o recipiente de menor volume, enquanto, para os demais, houve efeito quadrático (Figura 11). Pode-se observar, conforme a tabela 7, que até os 120 dias após a semeadura os tubetes não restringiram o crescimento em altura das mudas, porém, a partir dessa idade, o tubete de 180 cm³ proporcionou plantas com altura superior, seguido do tubete intermediário, enquanto o de menor volume limitou o crescimento, apresentando valores inferiores até os 210 dias.

Ao final da etapa de viveiro as mudas de angico-vermelho apresentaram alturas de 20,8 cm (tubete de 50 cm³), 25,5 cm (tubete 110 cm³) e 30,4 cm (tubete de 180 cm³). Davide e Faria (2008) relatam que os tubetes de maior volume, como o de 180 cm³, possuem maior capacidade de espera em viveiro, antes das mudas serem expedidas a campo, enquanto os tubetes de 50 cm³ são indicados para as espécies pioneiras, e que tamanhos maiores que 180 cm³ não são viáveis economicamente.

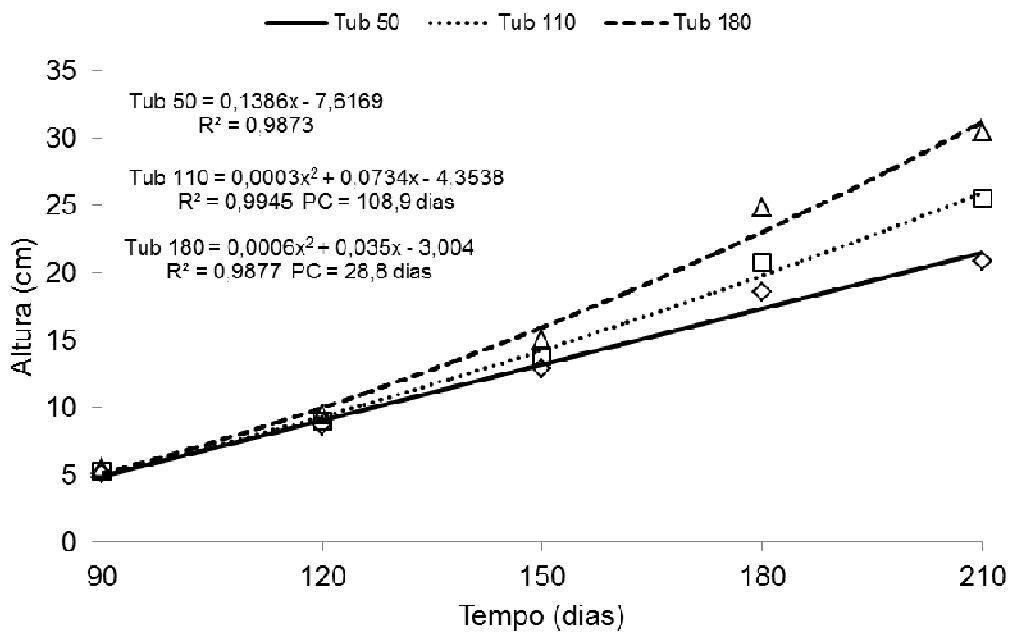


Figura 11 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação, na fase de viveiro.

Ferraz e Engel (2011) observaram que, a partir dos 40 dias após a emergência de plântulas de *Parapiptadenia rigida*, houve diferença significativa para o crescimento em altura nos diferentes tubetes. Os mesmos autores verificaram que, até o período final de produção (170 dias), mudas produzidas em tubetes de 300 cm³ apresentaram tanto altura como diâmetro do coleto (32,8 cm e 6,09 mm) significativamente superiores aos das mudas cultivadas nos menores tubetes (50 e 110 cm³), 24,5 cm; 4,98 mm e 17,1 cm; 4,58 mm, respectivamente.

A altura da parte aérea das mudas não é considerada muito informativa, quando analisada de forma isolada, pois proporciona apenas uma aproximação da capacidade fotossintética e área transpirante, ignorando a arquitetura do caule (BIRCHLER et al., 1998; RITCHIE et al., 2010). Mudas de porte superior apresentam a vantagem de concorrer com as plantas daninhas, podendo indicar genética superior, no entanto, plantas com maior área transpirante podem sofrer estresse por umidade, em sítios com déficit hídrico, principalmente antes do estabelecimento do sistema radicular (HAASE, 2008).

Levando-se em consideração a combinação da dose de 9 g L^{-1} com os diferentes volumes de tubetes, observam-se os seguintes valores de DC e H, respectivamente, aos 180 dias: 27,3 cm e 3,14 mm (tubete 50 cm^3); 29,7 cm e 3,15 mm (110 cm^3); 36,4 cm e 3,23 mm (180 cm^3). Verifica-se que, para todos os tubetes, as mudas atingiram valores superiores dos indicados pela literatura somente aos 180 dias, sendo que nenhuma outra combinação de tubete e dose permitiu redução do tempo na permanência das mudas em viveiro, até apresentarem os padrões indicados anteriormente. A adoção da dose de 9 g L^{-1} com o tubete de 180 cm^3 representa uma possível redução de 30 dias no ciclo de produção. No entanto, é necessário confirmar se essa combinação apresenta desempenho superior na condição de campo.

O tempo de produção também pode ser reduzido em função da época do ano, pois entre os meses de junho a agosto as temperaturas são inferiores, devido ao inverno, influenciando no crescimento das plantas.

Assim como verificado para a variável altura, a relação H/DC apresentou interação tripla significativa, analisada por meio de superfície de resposta. Para o tubete de 50 cm^3 , a DMET estimada correspondeu a $13,2 \text{ g L}^{-1}$ aos 190 dias, apresentando valor de 7,62 (Figura 12A). Para os tubetes de 110 e 180 cm^3 , as DMET estimadas corresponderam a 11,6 e $10,6 \text{ g L}^{-1}$, aos 212 e 229 dias, com valores de 9,80 e $10,95 \text{ g L}^{-1}$, respectivamente (Figura 12B e C). Observa-se que, para os dois últimos recipientes, o ponto crítico no tempo foi superestimado, necessitando de maior tempo de avaliação para encontrar o ponto de sela. De maneira geral, a dose média para a relação H/DC correspondeu a $9,58 \text{ g L}^{-1}$ e o recipiente de 180 cm^3 proporcionou o maior valor para esta relação (7,06).

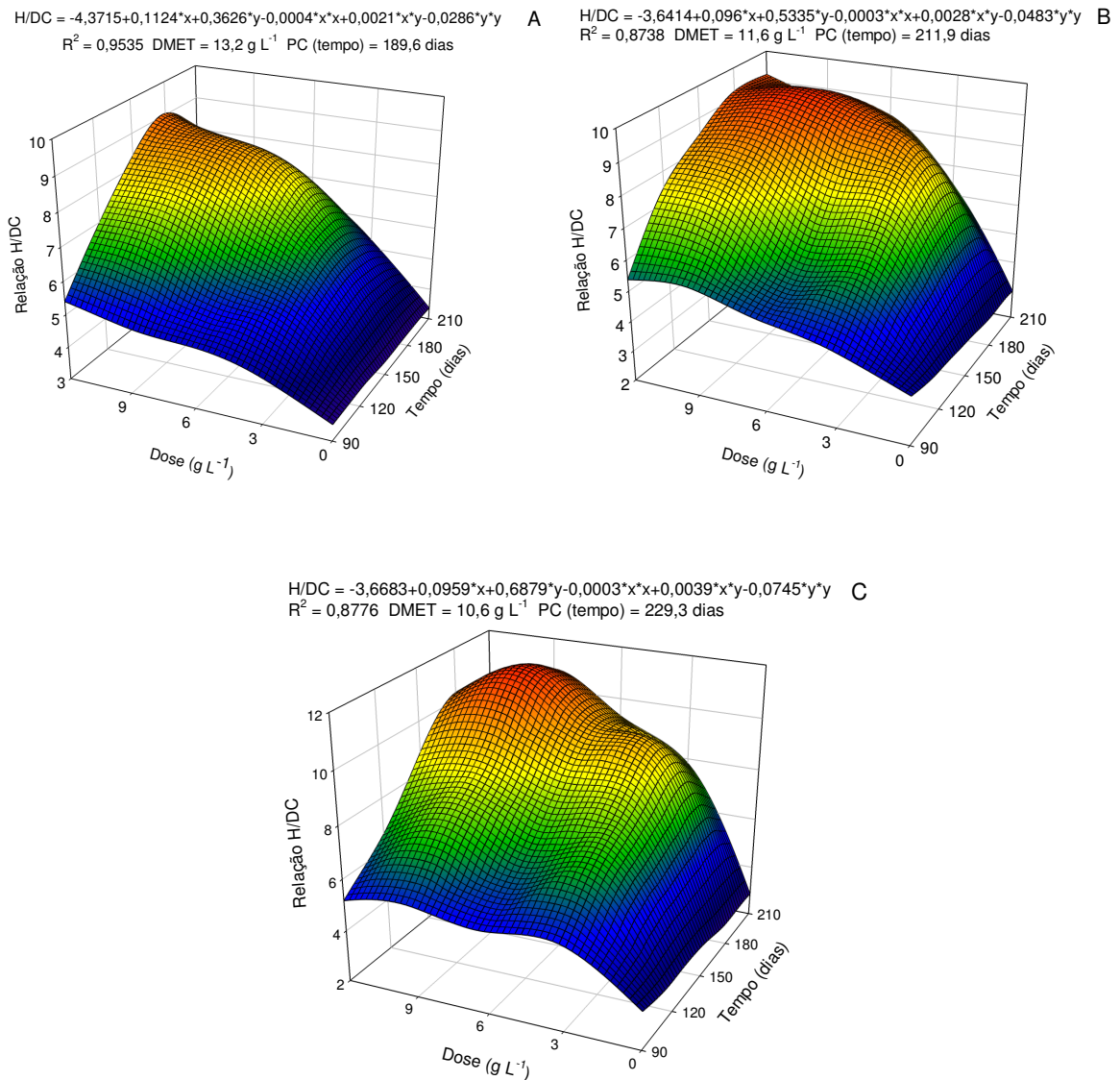


Figura 12 - Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Parapiptadenia rigida* produzidas em diferentes volumes de tubetes, 50 cm^3 (A), 110 cm^3 (B) e 180 cm^3 (C), em função das doses de FLC, nos períodos de avaliação, na fase de viveiro.

Conforme mencionado anteriormente, verifica-se também para esta variável que há maior necessidade de fertilização no menor recipiente para se obter uma relação H/DC superior. Analisando-se de forma separada o comportamento dos tubetes no tempo (Tabela 7), observa-se que, a partir dos 120 dias, o recipiente de maior volume apresentou maior relação H/DC, se comparado aos demais, sendo

que, na última avaliação, obtiveram-se os seguintes valores: 6,08; 7,13 e 8,08, respectivamente, para os tubetes de 50, 110 e 180 cm³.

A partir dos 180 dias essa relação começa a decrescer, indicando que as mudas de angico-vermelho cresceram mais em diâmetro do que em altura. Brondani et al. (2008) também constataram esse comportamento em mudas de angico-branco, observando que, aos 71 dias, a dose de 3,5 g L⁻¹ de fertilizante promoveu o máximo valor para a relação H/DC (8,4), e a partir desse período os valores decresceram.

Esta relação exprime a ideia de robustez da planta (baixo valor) em contraste com o aspecto delgado (alto valor), verificado quando cultivada em altas densidades e/ou sob baixa condição luminosa (RITCHIE et al., 2010). Dessa forma, expressa o equilíbrio de crescimento da muda, considerando que relações menores indicam maior capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem a campo (GOMES; PAIVA, 2004).

Mudas que apresentam menor diâmetro do coleto e alturas elevadas são consideradas de qualidade inferior, se comparadas com as que apresentam menor altura e diâmetro maior (CUNHA et al., 2005). Dessa forma, a relação H/DC deve ser utilizada em conjunto com outras variáveis para a avaliação do padrão de qualidade das mudas florestais (FONSECA et al., 2002). Além disso, a H/DC ideal não pode ser generalizada para todas as espécies, considerando que essas apresentam características morfológicas específicas.

Ao se analisar os valores de massa seca (MSPA, MSSR e MST), nos diferentes períodos de amostragem, observou-se que houve efeito significativo apenas da fertilização, aos 90 e 150 dias. Aos 210 dias constatou-se interação entre os dois fatores somente para a MSSR. Para as demais variáveis, houve significância do fertilizante e tubetes de forma isolada.

Conforme a figura 13A, aos 90 dias, todas as variáveis de massa seca das mudas de angico-vermelho apresentaram comportamento quadrático crescente, em função das doses de fertilizante, sendo que a estimativa da DMET foi de 8,80 g L⁻¹ para todas as variáveis. Aos 150 dias de idade (Figura 13B) as mudas apresentaram o mesmo comportamento anterior, porém verificou-se maior estimativa da DMET, correspondendo a 11,1 (MSPA), 11,4 (MSSR) e 10,6 g L⁻¹ (MST).

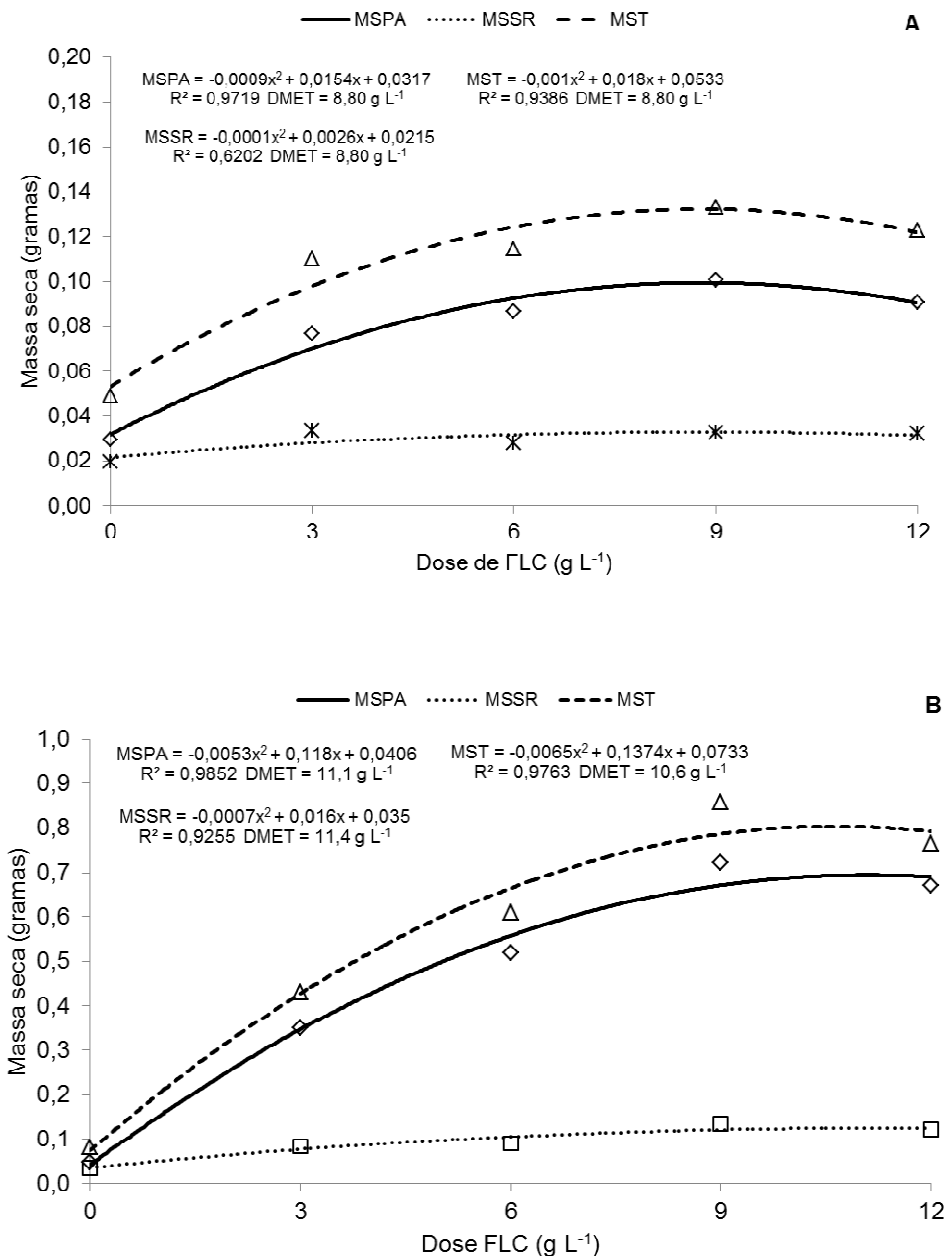


Figura 13 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, avaliadas aos 90 (A) e 150 dias (B), em função das doses de FLC, na fase de viveiro.

Com isso, pode-se inferir que a liberação dos nutrientes pelo fertilizante encapsulado aumenta a partir dos 90 dias, havendo maior ganho em massa seca das mudas, no entanto, a aplicação de doses superiores a 9 g L^{-1} resultam em menores incrementos. Conforme descrito pelo fabricante, quando o FLC é colocado

em substrato úmido, a uma temperatura média de 21,1 °C, a liberação dos nutrientes ocorre em um prazo de cinco a seis meses, correspondendo, nesta pesquisa, aos 150 e 180 dias.

No caso dos tubetes, não houve restrição para o crescimento da parte aérea e sistema radicular, provavelmente havendo influência das condições climáticas, já que a partir dos 90 dias iniciou-se o período de inverno, caracterizado na região sul por baixas temperaturas, ocasionado menor crescimento nas plantas (repouso vegetativo) e, conseqüentemente, menor liberação dos nutrientes para a solução do substrato.

Aos 210 dias também observou-se comportamento quadrático crescente de resposta em massa seca, com estimativa da DMET de 9,82 g L⁻¹ para a MSPA, e 9,41 g L⁻¹ para a MST (Figura 14A). Doses superiores a estas causaram diminuição no incremento de massa seca, sendo que, para a testemunha, não foi possível realizar a avaliação devido à insuficiência de material. As mudas apresentavam aspecto de amarelamento ou clorose nas folhas (Apêndice 4B), com porte muito inferior, se comparadas as demais, com média de 3,46 cm para a altura e 1,08 mm para o diâmetro do coleto. Rossa et al. (2011) também constataram aspecto clorótico e indícios de inanição nas mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*, no tratamento testemunha, possivelmente por deficiência de nitrogênio, por apresentar-se em níveis abaixo do requerido pelas plantas.

Avaliando a interação doses × tubetes para a MSSR, aos 210 dias pós-emergência, verificou-se o comportamento quadrático crescente das mudas cultivadas nos diferentes volumes de tubetes, de modo que a DMET correspondeu a 10,14 (tubete de 50 cm³), 8,01 (110 cm³) e 7,41 g L⁻¹ (180 cm³), conforme a figura 14B. Em todas as doses testadas, o tubete de 180 cm³ apresentou valores superiores de MSSR, no entanto, não houve diferença significativa entre as doses de 9 e 12 g L⁻¹ nos diferentes recipientes, destacando-se o comportamento do menor tubete, o qual foi mais responsivo no incremento de MSSR com o aumento da fertilização.

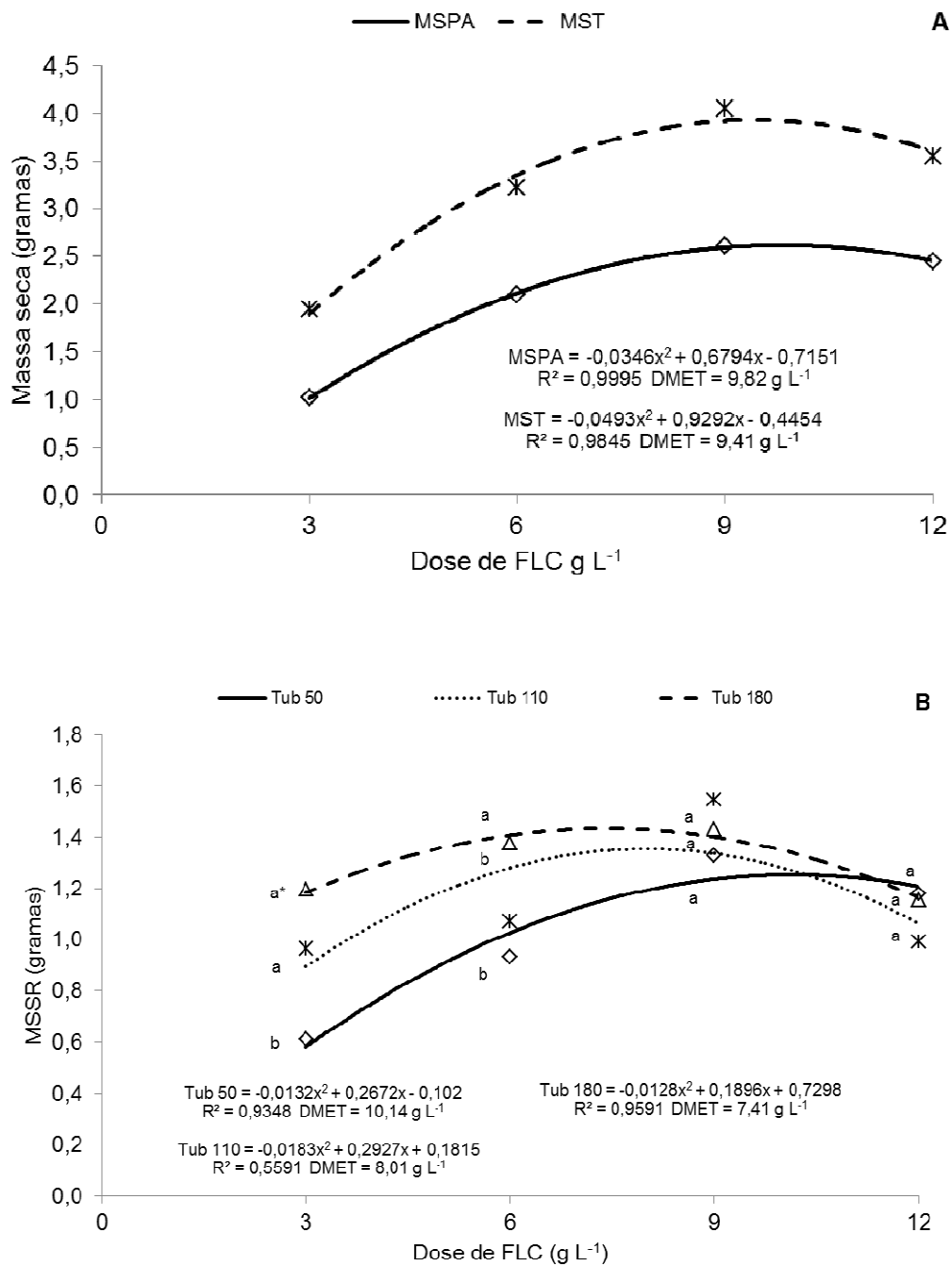


Figura 14 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST), de mudas de *Parapiptadenia rigida* (A), e massa seca do sistema radicular (MSSR) das mudas produzidas em tubetes de 50, 110 e 180 cm³, em função das doses de FLC, aos 210 dias em viveiro (B). *Médias não seguidas pela mesma letra em cada dose de FLC diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Fazendo-se uma análise econômica simples, considerando apenas o custo do substrato comercial e do FLC, e levando em conta a DMET estimada para a MSSR, calculou-se que, para a produção de 10.000 mudas de angico-vermelho tem-se um custo total de R\$ 251,13 para o tubete de 50 cm³, R\$ 507,60 (110 cm³) e R\$ 794,56 (180 cm³). Para o tratamento 9 g L⁻¹ de FLC/tubete 180 cm³ verifica-se um custo total de R\$ 861,14, correspondendo, aproximadamente, R\$ 0,10 por muda.

Apesar das mudas produzidas no recipiente de maior volume apresentarem características morfológicas superiores, o custo de produção é elevado. No entanto, deve-se considerar a influência de outros fatores na produção, como o tempo de permanência e de produção das mudas em viveiro, demanda do produto, taxas de sobrevivência e reposição no pós-plantio, entre outros.

De acordo com a figura 15, observa-se que os valores de MSPA, MSSR e MST foram superiores no tubete de 180 cm³, não havendo diferença significativa para a MSSR entre os tubetes de 50 e 110 cm³. Ferraz e Engel (2011) constataram, para *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo) e *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), valores superiores de MSSR e MST para as mudas produzidas em tubete de 300 cm³, comparado com tubetes de 50 e 110 cm³. Já os valores de MSPA também foram maiores no recipiente de maior volume, para jatobá e angico-vermelho. Os mesmos autores afirmam que o recipiente de 300 cm³ proporcionou mudas de qualidade superior para as três espécies, permitindo uma redução de até 70 dias na produção das mesmas.

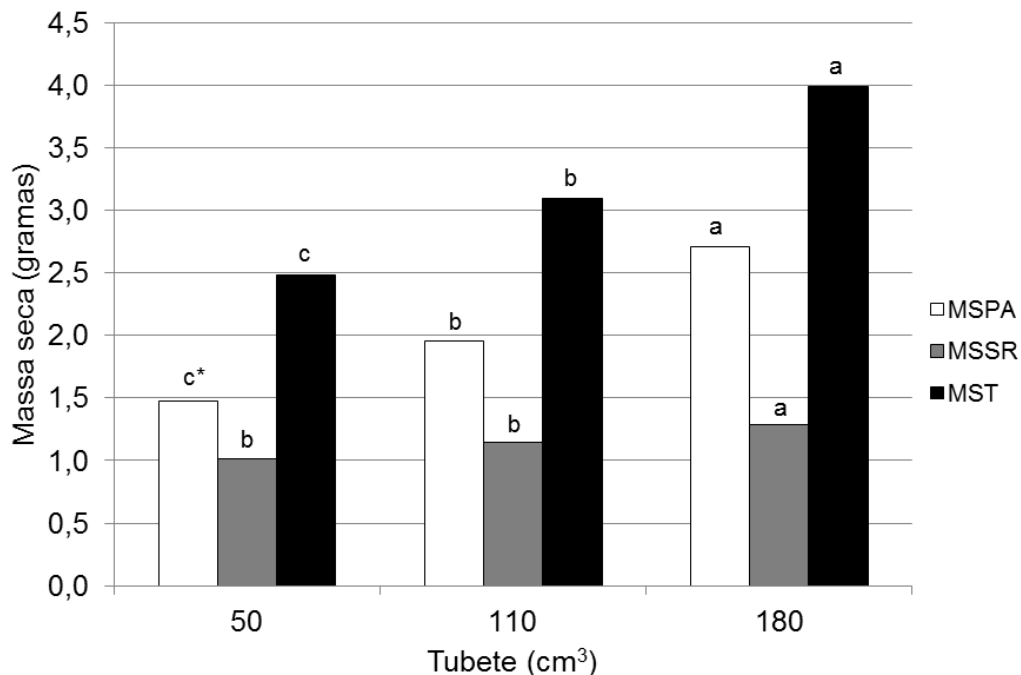


Figura 15 - Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em tubetes de 50, 110 e 180 cm³, aos 210 dias em viveiro. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada tubete diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Outros estudos também indicam que a redução do volume do recipiente ocasiona diminuição nos valores de massa seca das mudas, conforme observado para *Cryptomeria japonica* (SANTOS et al., 2000), *Eucalyptus grandis* (GOMES et al., 2003), *Schinus terebinthifolius* (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005), *Cordia trichotoma*, *Jacaranda micrantha* (MALAVASI; MALAVASI, 2006) e *Pelthophorum dubium* (BRACHTVOGEL; MALAVASI, 2010).

Segundo Haase (2008), mudas que apresentam maior biomassa radicular tendem a crescer mais e sobreviver melhor do que aquelas que possuem biomassa inferior, havendo uma estreita correlação entre massa seca das raízes e altura da parte aérea. Já a matéria seca da parte aérea pode ser indicativo da rusticidade das mudas (GOMES; PAIVA, 2004).

Assim, de forma geral, considerando como valores mínimos para o plantio a campo mudas que apresentam 25 cm de altura e 3 mm de diâmetro do coleto (DAVIDE; FARIA, 2008), verifica-se que aquelas produzidas nos tubetes de 110 e

180 cm³ atingiram esses valores aos 210 dias em viveiro, porém as cultivadas no tubete de 50 cm³ não apresentaram a altura indicada, necessitando de maior tempo.

Não se observou um “consumo de luxo” dos nutrientes pelas plantas, no entanto houve, provavelmente, um nível crítico superior ou toxidez, na qual se verificou redução no crescimento e diminuição dos valores de atributos morfológicos das plantas. Sintomas visuais de toxidez apareceram de forma isolada em algumas plantas (Apêndice 4C), podendo ser confundidos com déficit hídrico. Aspectos como verde-escuro mais intenso nas folhas e parte aérea mais desenvolvida foram característicos dos tratamentos que receberam as maiores doses de fertilização, se comparados aos demais, à exceção da testemunha, que apresentou sintomas típicos de deficiência nutricional.

9.2 Análise nutricional da parte aérea das mudas

De acordo com a análise de variância, os elementos P, K, Mg, S, Fe, Mn e Zn apresentaram efeito significativo para a interação doses de FLC × tubetes. Para N e B, houve diferença entre as fertilizações e tubetes e, para o Ca e Cu, apenas efeito da fertilização. Na tabela 8, são apresentados os teores de macro e micronutrientes da parte aérea das mudas de angico-vermelho, para todos os tratamentos, aos 210 dias de idade.

O teor de N aumentou à medida que foram fornecidas maiores quantidades de fertilizante para as mudas, apresentando comportamento quadrático crescente (Figura 16A), de modo que a testemunha apresentou menor valor. Nas plantas cultivadas no tubete de 180 cm³, houve maior concentração desse elemento e, no tubete de 50 cm³, menor concentração (Tabela 8). Scivittaro, Oliveira e Radmann (2004) verificaram efeito crescente do aumento das doses de fertilizante de liberação lenta (com máxima dose de 6,0 g L⁻¹) sobre a acumulação de N em plantas de “Trifoliata”, porém não atingindo valores máximos.

Apesar da maior dose de FLC aplicada (12 g L⁻¹) ter apresentado a maior concentração deste elemento mineral, não houve efeito positivo no crescimento das mudas de angico-vermelho na etapa de viveiro, pois, de maneira geral, para a maioria das variáveis morfológicas analisadas, doses superiores a 9 g L⁻¹ causaram

diminuição no crescimento das plantas, provavelmente, pelo efeito de toxicidade devido ao excesso de nutrientes, incluindo o nitrogênio. Brondani et al. (2008) observaram que, na dose de 5 g L^{-1} de FLC, ocorreu um efeito negativo para altura e número de folhas por mudas de angico-branco, com princípio de clorose, indicando sintomas de toxidez.

As mudas produzidas nos maiores recipientes e doses de fertilizante apresentaram folhas com verde mais intenso e parte aérea mais abundante, se comparadas com a testemunha, caracterizada por um porte de nanismo e folhas de coloração amarelada. Prado (2008) relata que plantas que crescem com excesso de nitrogênio apresentam, geralmente, folhas verde-escuras, com folhagem adundante e sistema radicular pouco desenvolvido (alta relação parte aérea/raiz). Já os sintomas de deficiência se apresentam na forma de clorose (amarelecimento das folhas), sobretudo nas folhas mais velhas, próximas à base da planta (TAIZ; ZAIGER, 2009).

O nitrogênio é um dos elementos minerais que as plantas exigem em maiores quantidades, servindo como constituinte em diversos componentes das células, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZAIGER, 2009). Ele é absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+), entretanto, a forma de nitrato é a que predomina durante o processo de absorção, por ser mais abundante na solução do solo, pela elevada atividade microbiana, que atua no processo de nitrificação (MARENCO; LOPES, 2007; PRADO, 2008). Porém, com o uso de substratos artificiais, pode-se verificar comportamento diferenciado, dependendo principalmente dos valores de pH do meio.

Prado (2008) salienta que existe um efeito negativo do NH_4^+ na absorção de outros cátions, como o Mg^{2+} , K^+ e Ca^{2+} , devido ao efeito acidificante do citosol. Gomes e Paiva (2004) mencionam que doses elevadas de nitrogênio podem proporcionar menor grau de rustificação nas mudas, diminuindo sua resistência à seca, prejudicando o crescimento e a sobrevivência das plantas.

Moraes Neto et al. (2003a), avaliando o efeito de diferentes doses de FLC e fertilização convencional, constataram maiores concentrações de N na parte aérea de mudas de *Peltophorum dubium* e *Eucalyptus grandis* no tratamento convencional, podendo, em parte, se justificar pela fonte de N amoniacal (NH_4^+) do tratamento convencional.

Landis (1989) destaca que certos riscos são associados ao consumo em excesso de nitrogênio, em plantas produzidas tanto em recipientes como em raiz nua nos viveiros florestais, como: excesso do crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular; suculência dos tecidos da parte aérea, o que pode aumentar os danos causados pelo frio; interferência na formação de algumas micorrizas em plantas produzidas em recipientes; influência negativa na taxa de sobrevivência e crescimento das plantas no pós-plantio; e aumento dos danos causados por ramoneio de animais após a implantação a campo.

Para os demais macronutrientes, no qual houve interação entre doses de FLC × tubetes (P, K, Mg e S), verificou-se resposta quadrática decrescente no teor dos nutrientes nas diferentes doses testadas (Figuras 16B, C, E e F). De maneira geral, as mudas de angico-vermelho cultivadas no tubete de 180 cm³ apresentaram maiores teores desses nutrientes (Tabela 8), verificando-se valores superiores para a testemunha. À medida que se aumentou as doses de FLC, até 6 e 9 g L⁻¹, observou-se uma diminuição e menores concentrações (pontos críticos mínimos) dos nutrientes na parte aérea das plantas. A partir da dose de 9 g L⁻¹ ocorreu um aumento na concentração, porém, geralmente, inferior à testemunha.

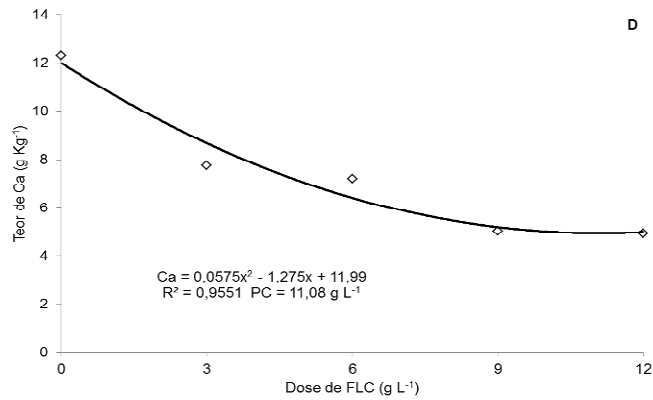
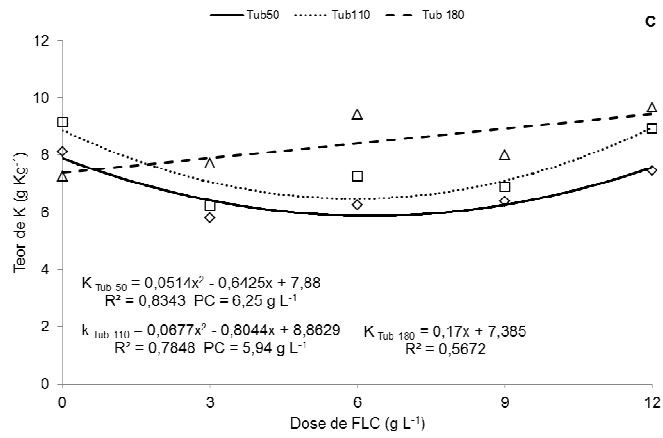
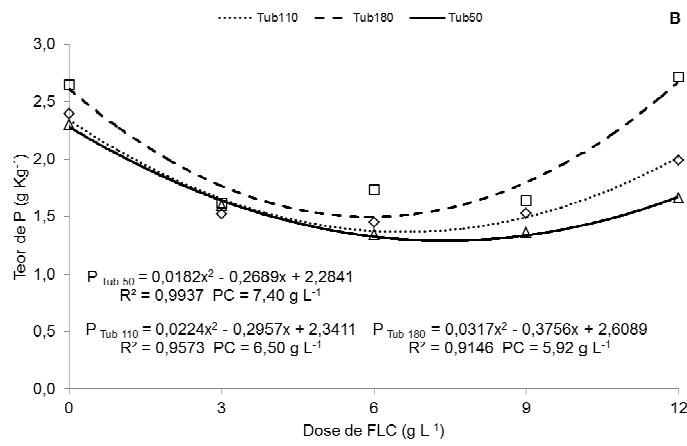
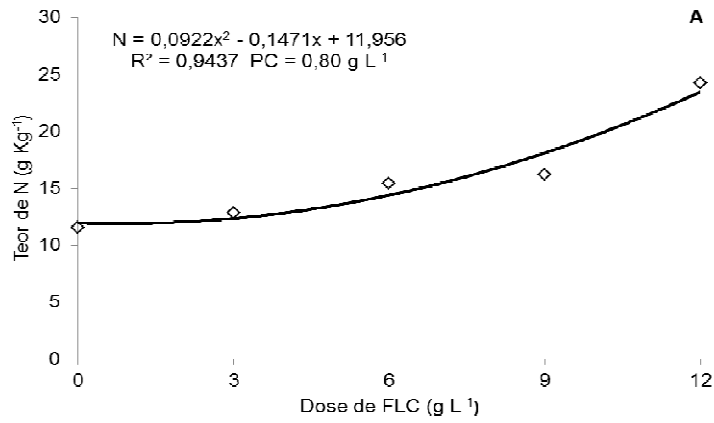
Moraes Neto et al. (2003b), avaliando o efeito de diferentes combinações de adubo de liberação controlada e prontamente solúveis, observaram que a concentração de fósforo, na parte aérea das mudas de *Peltophorum dubium* e *Myroxylon peruiferum* não apresentou diferença entre os tratamentos, enquanto para *Croton floribundus*, *Guazuma ulmifolia* e *Gallesia integrifolia* houve tendência de que os tratamentos que utilizaram menores doses de fertilização (incluindo a testemunha) apresentassem os maiores teores do nutriente.

Tabela 8 - Teores de nutrientes da parte aérea (caule + folhas) de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) e volumes de tubetes, aos 210 dias em viveiro

Dose de FLC (g L ⁻¹)	Tubete (cm ³)	Macronutrientes (g kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		N ¹	P	K	Ca ¹	Mg	S	B ¹	Cu ¹	Fe	Mn	Zn
0	50	10,94 a*	2,31 b	8,13 a	12,12 a	5,87 a	1,77 b	24,56	4,60 a	35,04 b	55,86 b	28,22 a
	110	10,91 a	2,40 b	9,15 a	13,24 a	5,94 a	2,14 a	S.A.	4,98 a	27,19 b	72,56 a	26,96 a
	180	12,75 a	2,65 a	7,25 a	11,58 a	5,01 b	2,34 a	22,71	4,49 a	50,72 a	74,23 a	26,53 a
3	50	9,93 b	1,59 a	5,80 a	7,47 a	3,48 b	0,60 b	17,78 a	2,14 a	46,50 b	16,71 b	13,75 a
	110	12,08 b	1,52 a	6,23 a	7,31 a	3,14 b	0,66 b	18,76 a	2,18 a	45,76 b	25,50 b	14,22 a
	180	16,54 a	1,62 a	7,70 a	8,54 a	4,56 a	0,95 a	20,28 a	2,15 a	66,17 a	36,23 a	16,59 a
6	50	11,77 b	1,35 b	6,25 b	6,77 b	3,05 b	0,70 b	15,73 a	2,21 a	43,19 b	35,83 c	14,98 c
	110	15,25 b	1,45 b	7,25 b	6,67 b	2,93 b	0,78 b	14,50 a	2,64 a	48,24 b	49,60 b	18,77 b
	180	19,21 a	1,73 a	9,43 a	8,22 a	4,32 a	1,17 a	17,33 a	2,74 a	79,67 a	69,17 a	25,35 a
9	50	14,14 b	1,36 a	6,38 a	4,66 a	2,57 a	0,78 b	14,21 a	2,60 a	49,03 a	39,28 b	16,72 b
	110	14,32 b	1,53 a	6,90 a	5,28 a	2,51 a	0,96 a	13,63 a	2,68 a	57,58 a	53,30 a	18,83 b
	180	20,25 a	1,64 a	8,00 a	5,08 a	2,70 a	1,12 a	16,53 a	2,98 a	58,26 a	60,90 a	29,71 a
12	50	18,05 c	1,66 c	7,45 b	4,59 a	2,83 c	0,75 b	14,28 b	2,60 a	38,68 b	52,58 c	17,06 c
	110	23,95 b	1,99 b	8,93 a	4,68 a	3,51 b	0,93 b	16,60 b	2,93 a	47,41 b	78,96 b	24,39 b
	180	30,67 a	2,72 a	9,65 a	5,49 a	4,65 a	1,69 a	22,37 a	3,05 a	62,75 a	101,08 a	32,22 a
C.V. (%)		18,36	9,25	15,84	13,21	12,15	15,34	14,59	14,36	16,81	15,22	10,54

*Médias não seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada dose, diferem pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ¹Não significância da interação entre doses de FLC × tubetes. S.A. = sem amostra (amostra insuficiente para análise).

Nota: Teores de nutrientes considerados adequados nas folhas de mudas de *Eucalyptus grandis* entre 80-100 dias de idade: Macronutrientes (g kg⁻¹): N (13-15), P (1,5-2,0), K (15-20), Ca (8-12), Mg (3,0-3,5) e S (1,3-1,5). Micronutrientes (mg kg⁻¹): B (30-40), Cu (10-15), Fe (80-130), Mn (300-500) e Zn (30-40). Fonte: Silveira et al. (1995) e Silveira, Luca e Shibata (1995).



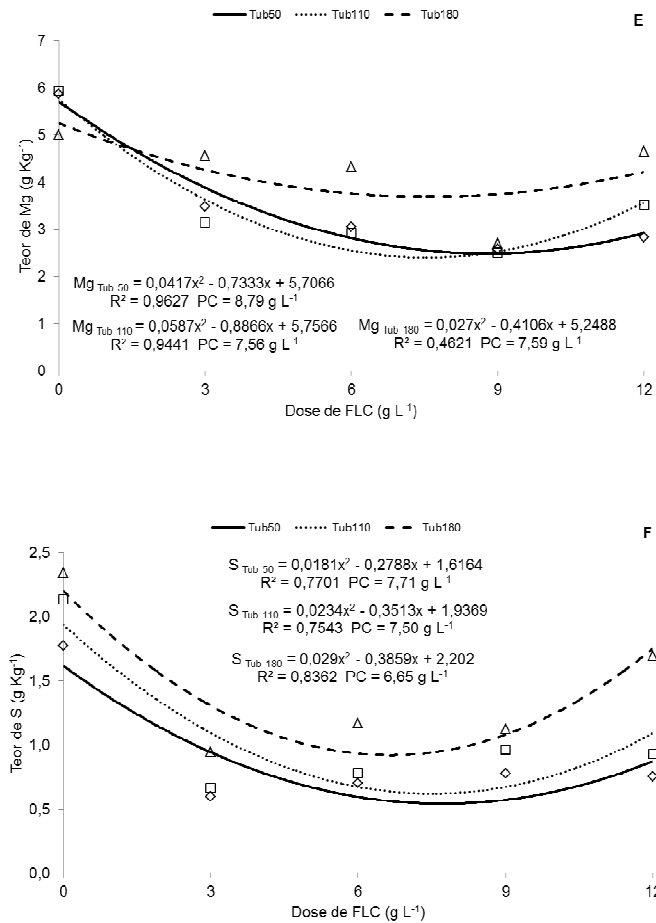


Figura 16 - Efeitos da aplicação de fertilizante de liberação controlada (FLC), combinada com diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), no teor de macronutrientes de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) da parte aérea (caule + folhas) de mudas de *Parapiptadenia rigida* aos 210 dias em viveiro.

O fósforo é um dos elementos que mais restringe o crescimento dos vegetais, na maioria dos solos, depois do nitrogênio, encontrando-se na forma orgânica e inorgânica, sendo que, na primeira, é absorvido pela planta após sua mineralização (MARENCO; LOPES, 2007). Esse mineral apresenta papel fundamental na divisão celular, na reprodução e no metabolismo vegetal, como na fotossíntese, na respiração e na síntese de substâncias orgânicas (ANGHINONI; BISSANI, 2004), sendo absorvido da solução do solo na forma de $H_2PO_4^-$ ou HPO_4^{2-} , porém a primeira predomina durante o processo de absorção (PRADO, 2008).

O fósforo apresenta concentrações nas plantas bem menores do que as do nitrogênio e do potássio, fundamental para o crescimento inicial e formação dos

primórdios vegetativos (GOMES; PAIVA, 2004). A fertilização com fósforo deve ser iniciada antes da semeadura e, preferencialmente, na fertilização de base, devido sua imobilidade e fixação, apesar de que adubações de cobertura poderão ser realizadas efetivamente (GOMES, 2001).

Prado (2008) salienta que elementos com baixa taxa de difusão no solo, como os fosfatos, são mais facilmente absorvidos por plantas com maior sistema radicular, sendo que os fatores externos aumentam a concentração na solução do meio, afetando diretamente a absorção pela planta.

Schumacher, Ceconi e Santana (2004) constataram que houve efeito positivo da adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Parapiptadenia rigida*, recomendando a dose de 450 mg kg⁻¹ de fósforo. Esses autores salientaram que se deve utilizar uma fonte de menor solubilidade em toda a área aplicada e uma fonte solúvel, próximo da planta, para que as raízes possam absorver o fósforo.

No caso do potássio, as mudas no tubete de 180 cm³ apresentaram aumento linear em função da fertilização (Figura 16C). Os demais recipientes apresentaram comportamento quadrático decrescente, com pontos críticos mínimos de 6,25 (tubete de 50 cm³) e 5,94 g L⁻¹ (110 cm³). Para os tratamentos testemunha, 3 e 9 g L⁻¹, não houve diferença significativa entre os tubetes e, nos demais, os de maior volume apresentaram plantas com concentrações superiores deste nutriente (Tabela 8).

O potássio apresenta diversas funções nos vegetais, participando na regulação estomática, dinâmica da membrana celular, manutenção do turgor, equilíbrio osmótico, transporte de carboidratos, fixação simbiótica do nitrogênio, entre outras (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; WIEDENHOEFT, 2006). Considerado como um cátion trocável, ativamente absorvido pelas raízes das plantas, é originado do intemperismo de origem mineral, sendo fracamente adsorvido às partículas do solo e altamente lixiviável (WIEDENHOEFT, 2006).

Observa-se que, comparativamente às referências do *Eucalyptus grandis* (Tabela 8), todos os tratamentos apresentaram teores nutricionais bastante inferiores na planta, o que pode ter sido favorecido pelo aumento da porosidade proporcionada pela casca de arroz carbonizada, permitindo a maior lixiviação. Por outro lado, isso também pode ter ocorrido em razão das exigências diferentes das espécies.

Gomes (2001) relata que a fertilização potássica é, praticamente, desnecessária para o crescimento de mudas de espécies florestais, por ser um elemento de grande lixiviação, não sendo esperadas respostas residuais por longos períodos. A deficiência desse elemento é a terceira mais frequente nos diferentes ecossistemas, sendo que os sintomas aparecem primeiro nas folhas mais velhas, por ser facilmente redistribuído para órgãos novos (MARENCO; LOPES, 2007).

O primeiro sintoma visual de deficiência de potássio se caracteriza por clorose em manchas ou marginais, evoluindo para necrose, com maior ocorrência nos ápices foliares, nas margens e entre nervuras (TAIZ; ZAIGER, 2009). Para os sintomas de excesso, verifica-se a deficiência de magnésio induzida (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Oliet et al. (1999), estudando os efeitos de doses e formulações de FLC em *Pinus halepensis*, verificaram uma baixa eficiência de absorção de potássio devido ao efeito de diluição, manifestando-se uma tendência descendente de sua concentração na parte aérea e radicular com o aporte crescente da fertilização.

Com relação ao teor de cálcio, verificou-se que não houve interação entre os fatores e, conforme observado para os demais elementos, a testemunha também apresentou teores superiores desse nutriente. À medida que se aumentou as doses do FLC, o teor de Ca diminuiu na parte aérea das mudas, podendo, provavelmente, ter ocorrido interação com o K, apresentando comportamento quadrático decrescente, com ponto crítico estimado em $11,08 \text{ g L}^{-1}$ (Tabela 8 e Figura 16D).

Como as fertilizações de base e de cobertura não apresentavam cálcio em sua formulação, este elemento estava presente misturado ao substrato comercial que, segundo informações do fabricante, foi adicionado na forma de calcário dolomítico e gesso agrícola, servindo de fonte para absorção pelas plantas. A água da irrigação também pode ter contribuído no aporte desse nutriente. Oliet et al. (1999) também constataram efeito de diluição nas concentrações de Ca e Mg em *Pinus halepensis*, obtendo concentrações na testemunha similares aos tratamentos fertilizados, sendo a água da irrigação a principal fonte mineral desses nutrientes.

A maior parte do cálcio na planta, em torno de 50 a 75%, está no vacúolo, e o restante (30 a 50% do total) encontra-se na superfície externa da membrana e na parede celular (MARENCO; LOPES, 2007). Diversos fatores podem afetar a disponibilidade de cálcio, como, por exemplo, o valor de pH, sendo que próximo a

6,5 a disponibilidade desse nutriente é maior (PRADO, 2008). Nesta pesquisa, o pH inicial do substrato foi de 6,08, no entanto, o mesmo pode ter sofrido alteração ao longo do experimento, por causa da água da irrigação e por influências da liberação dos nutrientes pelo FLC.

Devido à sua baixa mobilidade pelo floema, os níveis de Ca nos diferentes órgãos da planta estão estreitamente relacionados ao fluxo transpiratório via xilema (MARENCO; LOPES, 2007). Esse fato pode estar ligado à falta de interação entre as doses de fertilizante e volumes de tubetes, na produção de muda de angico-vermelho, assim como a não significância de diferenças entre os recipientes, a exceção dose de 6 g L^{-1} , na qual o tubete de 180 cm^3 apresentou maiores teores que os demais.

Os elementos magnésio e enxofre apresentaram respostas quadráticas para todos os tratamentos, com pontos críticos de mínima, correspondendo, para o primeiro elemento, as doses de 8,79 (tubete de 50 cm^3), 7,56 (110 cm^3) e $7,59 \text{ g L}^{-1}$ (180 cm^3). Já para o segundo, as doses foram estimadas em 7,71 (tubete de 50 cm^3), 7,50 (110 cm^3) e $6,65 \text{ g L}^{-1}$ (180 cm^3), conforme figuras 16E e F. Em ambos os tratamentos, as mudas no tubete de 180 cm^3 e a dose testemunha, seguida da dose de 12 g L^{-1} , apresentaram maiores teores desses nutrientes.

O magnésio apresenta importante papel na estrutura da clorofila, além de participar na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA (TAIZ; ZAIGER, 2009). Em geral, é absorvido em menor quantidade do que o cálcio, e vários íons podem competir com a absorção do magnésio, como NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mn^{2+} . Dessa forma, quando a disponibilidade de Ca^{2+} e K^+ é baixa, a absorção de Mg^{2+} tende a aumentar. Já a atuação negativa do amônio deve-se ao seu efeito acidificante no citosol (MARSCHNER, 1995; MARENCO; LOPES, 2007).

Moraes Neto et al. (2003a), avaliando a concentração de nutrientes na parte aérea de mudas de *Guazuma ulmifolia*, constataram que a concentração de magnésio da testemunha foi maior que a do tratamento com dose intermediária de FLC. Posteriormente, em outro estudo, Moraes Neto et al. (2003b) verificaram que as concentrações de Ca e Mg, na parte aérea das mudas, apresentaram tendência, para todas as espécies analisadas, de maiores valores nos tratamentos onde houve menos adubação.

O enxofre é constituinte de vários aminoácidos e compostos envolvidos na transferência de elétrons na fotossíntese e respiração (WIEDENHOEFT, 2006).

Segundo o mesmo autor, é encontrado no solo principalmente na forma de sulfato, derivado a partir do intemperismo de materiais do solo ou da combustão de subprodutos de combustíveis fósseis. Plantas deficientes deste elemento apresentam-se cloróticas e pouco desenvolvidas, com sintomas semelhantes à deficiência de N, no entanto, por ser pouco móvel na planta, as folhas novas ficam mais amareladas (BISSANI; ANGHINONI, 2004).

Por meio da análise dos teores de micronutrientes, observou-se comportamento quadrático para todos os elementos. Para o boro, o tratamento testemunha não pode ser analisado, devido à quantidade de material das amostras serem insuficientes, sendo possível para poucas repetições, apresentando-se, dessa forma, a média geral para este tratamento. De acordo com a tabela 8, para a maioria das doses de fertilizante, não houve diferença significativa entre os tubetes, apenas para a maior dose, na qual o recipiente de maior volume apresentou concentração superior a dos demais.

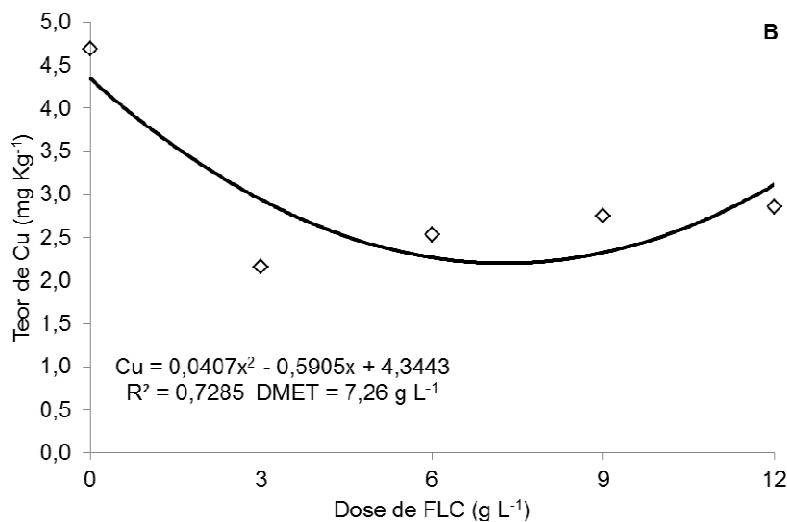
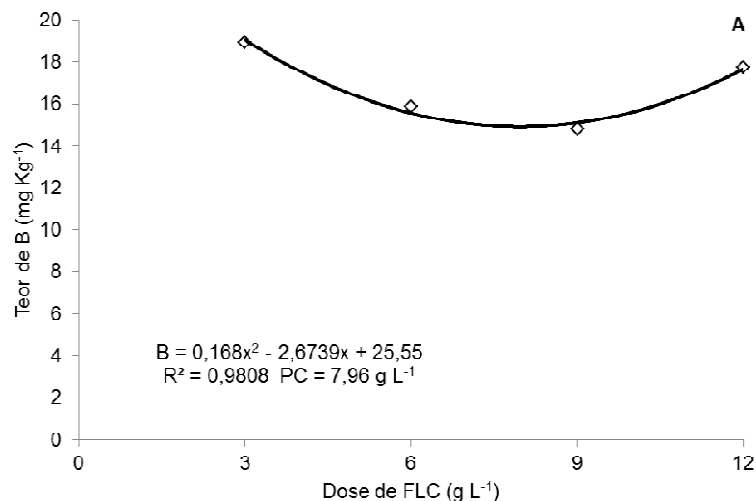
O ponto crítico estimado para o boro correspondeu à dose de $7,96 \text{ g L}^{-1}$, observando-se, conforme relatado anteriormente para os demais nutrientes, diminuição no teor, no sentido das menores doses até as intermediárias, e, após, aumento para as maiores (Figura 17A). Para o elemento cobre, também se verificou comportamento semelhante, não havendo diferença significativa entre os tubetes (Tabela 8), tendo como ponto crítico estimado igual a $7,26 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 17B).

Embora não se saiba o papel preciso do boro no metabolismo vegetal, há evidências de sua atuação no funcionamento da membrana e na estrutura da parede celular (MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZAIGER, 2009). A deficiência de boro é a mais comum entre as deficiências de qualquer outro micronutriente, principalmente em meios arenosos. Juntamente com o cálcio, o boro é classificado como um elemento imóvel no floema, sendo que os sintomas de carência aparecem, principalmente, nas folhas e nos órgãos mais novos (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A deficiência de B reduz a absorção de K e P e diminui a atividade da NADH, aumentando a lixiviação de K (MARENCO; LOPES, 2007). Os sintomas visuais de carência caracterizam-se pela necrose de folhas jovens e gemas terminais, com perda da dominância apical, tornando a planta altamente ramificada (TAIZ; ZAIGER, 2009).

O cobre apresenta-se no solo fortemente ligado aos colóides organominerais, e quanto maior o teor de matéria orgânica, menor sua disponibilidade nas plantas, estando fortemente relacionado ao valor do pH (PRADO, 2008). É classificado como um elemento pouco móvel pelo floema da planta, podendo existir inibições competitivas entre o cobre e zinco (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os sintomas iniciais de deficiência de cobre caracterizam-se pela produção de folhas verdes escuras, que podem conter manchas necróticas (TAIZ; ZAIGER, 2009). Seu teor total nas plantas de cultura agrícolas pode variar de 1-5 mg kg⁻¹, podendo atingir 100 mg kg⁻¹ em folhas mais velhas, sendo que a sua toxidez não é comum, porém pode ocorrer principalmente nos estádios iniciais de crescimento da planta (PRADO, 2008).



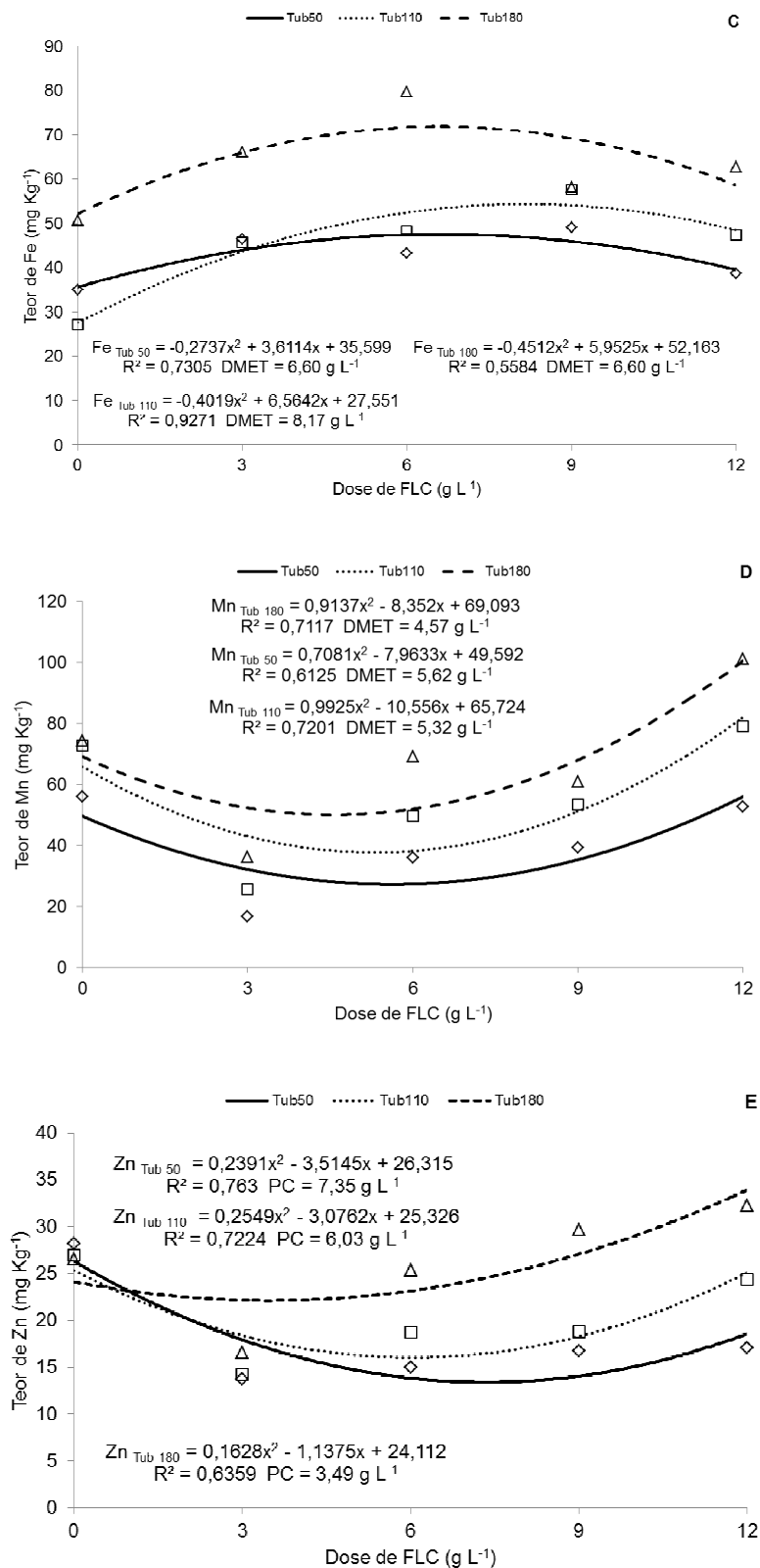


Figura 17 - Efeitos da aplicação de fertilizante de liberação controlada (FLC), combinada com diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), no teor de micronutrientes de B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) da parte aérea (caule + folhas) de mudas de *Parapiptadenia rigida* aos 210 dias em viveiro.

No caso do ferro, as mudas produzidas nos tubetes de maior volume apresentaram maior teor desse elemento na parte aérea, com exceção da dose de 9 g L⁻¹, na qual não houve diferença significativa entre os tubetes (Tabela 8). Verificou-se comportamento diferenciado no teor de ferro, pois a testemunha, nesta situação, apresentou menores valores se comparada às demais doses. Houve comportamento quadrático crescente no teor de ferro nas mudas cultivadas nos tubetes, sendo que os pontos críticos máximos estimados foram 6,60 (tubete de 50 cm³), 8,17 (110 cm³) e 6,60 g L⁻¹ (180 cm³), conforme a figura 17C.

O ferro pode se encontrar nas formas de Fe²⁺ e Fe³⁺, dependendo das condições de oxidação ou redução do solo e de sua capacidade de formar quelatos, estando envolvido na ativação de enzimas e na síntese de clorofila (WIEDENHOEFT, 2006). Conforme Prado (2008), o suprimento adequado deste elemento mineral depende das condições de pH (maior disponibilidade em pH ácido, <6,0), da umidade e de aeração do que propriamente a quantidade presente no solo, que normalmente é abundante. O mesmo autor salienta que concentrações elevadas de outros íons na solução do meio (P, Mn e Zn) podem inibir a absorção de Fe por competição iônica.

De acordo com Landis (1989), os substratos à base de solo mineral sofrem mais influências do pH do que aqueles que contêm meios artificiais, como a turfa e vermiculita. Para substratos com predominância de matéria orgânica, a faixa de pH recomendada para a disponibilidade adequada dos nutrientes para a planta é de 5,0 a 5,8 (KÄMPF, 2000). Neste estudo, o pH inicial do substrato é considerado alto (6,08), segundo a classificação de Texas Greenhouse Management Handbook (1999), no entanto, as espécies florestais são capazes de se adaptar a uma ampla faixa de valores de pH (LANDIS, 1989).

Para o manganês e zinco, de forma geral, os teores foram maiores nas mudas produzidas no tubete de 180 cm³, seguido do 110 e 50 cm³. Somente para o zinco, na testemunha e a dose de 3 g L⁻¹, não ocorreram diferenças significativas entre os tubetes (Tabela 8 e Figuras 17D e E). Para os dois elementos, houve comportamento quadrático dos tubetes nas diferentes fertilizações, sendo que, para o manganês, a maior dose apresentou teor superior, seguida da testemunha, com pontos críticos de mínima igual a 5,62 (tubete de 50 cm³), 5,32 (110 cm³) e 4,57 g L⁻¹ (180 cm³). Já para o zinco, a testemunha apresentou maior teor, seguida da dose de

12 g L⁻¹, com pontos críticos de mínima igual a 7,35 (tubete de 50 cm³), 6,03 (110 cm³) e 3,49 g L⁻¹ (180 cm³).

O zinco é requerido para a atividade de muitas enzimas, podendo ser exigido na síntese de clorofila em algumas plantas (TAIZ; ZAIGER, 2009). O mesmo pode apresentar efeito de inibição competitiva na presença de Mg²⁺ e Ca²⁺, sendo que o principal sintoma de deficiência é a diminuição do crescimento internodal e, em excesso, causa a indução de carência de ferro (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O manganês é o segundo micronutriente mais abundante em solos tropicais, perdendo apenas para o Fe, e fatores como pH, potencial de oxirredução, matéria orgânica e o equilíbrio com outros cátions, influenciam na sua disponibilidade no solo (PRADO, 2008). Esse elemento compete e reduz a absorção de outros, particularmente a de Ca, Mg e Fe e, em menor nível, a de K (MARENCO; LOPES, 2007). O Mn também está envolvido na reação fotossintética, com diversas funções na membrana, ativando várias enzimas na célula (WIEDENHOEFT, 2006).

Os sintomas visíveis de deficiência deste elemento caracterizam-se por clorose nas folhas novas, seguida de branqueamento, enquanto o excesso causa deficiência de ferro induzida, menor nodulação nas leguminosas, entre outros (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

De forma geral, observa-se, nos casos onde houve interação entre os fatores e significância dos tubetes, que as mudas produzidas no tubete de 180 cm³ apresentaram maiores teores nutricionais, se comparado com os demais recipientes. Com relação às doses de FLC aplicadas, a testemunha apresentou maiores teores dos elementos nutricionais (P, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn), com algumas exceções (Fe), seguida da dose de 12 g L⁻¹ (N, K e Mn), sendo que, nas demais, foram observados os pontos críticos de mínima.

Estudos avaliando diferentes formas de fertilização em mudas de espécies florestais também constataram que o teor de nutrientes da parte aérea das mudas foi superior no tratamento sem fertilização (testemunha), se comparado com aqueles em que houve fertilização (MORAES NETO et al., 2003a, 2003b; OLIET et al., 1999).

Conforme Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), existem diversos fatores, externos e internos, que modificam a velocidade de absorção dos nutrientes nas plantas. No

caso mencionado anteriormente, o estado iônico interno da planta pode ter influenciado. Segundo o mesmo autor, a capacidade da raiz para absorver um determinado elemento é limitada. Em decorrência disto, as plantas ligeiramente deficientes podem acumular mais nutrientes do que as plantas já bem supridas do elemento.

A planta saturada em íons absorve menos que outra que tenha poucos íons, devido o fato de ter atingido o limite máximo da absorção de um dado nutriente. Assim, plantas ligeiramente deficientes têm velocidade de absorção maior que as plantas bem nutridas, no entanto, se a carência for muito acentuada, a velocidade de absorção diminui, pois ocorrem desarranjos metabólicos irreversíveis (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; PRADO, 2008).

Analisado a dose de 9 g L^{-1} , a qual apresentou resultados superiores na fase de viveiro, verifica-se que não ocorrem diferenças significativas entre os volumes de tubetes para os macronutrientes P, K, Ca e Mg. Para o N, houve maior concentração nas mudas produzidas no recipiente de 180 cm^3 e, para o S, não houve diferença entre o 110 e 180 cm^3 . Com relação aos micronutrientes, observa-se que não ocorreram diferenças entre os tubetes para B, Cu e Fe. Para o Mn, não houve diferença entre o 110 e 180 cm^3 e, para o Zn, houve maior concentração no 180 cm^3 (Tabela 8).

O requerimento nutricional de mudas de angico-vermelho, produzidas com o uso de 9 g L^{-1} de FLC em tubete de 180 cm^3 , aos 210 dias em viveiro, obedeceu, em ordem decrescente, a seguinte classificação: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$ (macronutrientes) e $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$ (micronutrientes). Comparando-se às taxas consideradas adequadas para as folhas de mudas de *Eucalyptus grandis*, com idade entre 80-100 dias, conforme proposto por Silveira et al. (1995) e Silveira, Luca e Shibata (1995), observa-se que apenas os teores de N estão acima do descrito pelos autores. Os teores de P e Zn estão dentro da faixa considerada adequada, e os demais elementos (K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe e Mn) estão abaixo do recomendado (Tabela 8).

Para o mesmo tratamento ($9 \text{ g L}^{-1}/180 \text{ cm}^3$), verifica-se que os teores nutricionais de macronutrientes corresponderam aos seguintes valores, conforme a tabela 8: N (20,25), P (1,64), K (8,00), Ca (5,08), Mg (2,70) e S ($1,12 \text{ g Kg}^{-1}$). Já, para os micronutrientes foram: B (16,53), Cu (2,98), Fe (58,26), Mn (60,90) e Zn ($29,71 \text{ mg Kg}^{-1}$). Esse resultado foi o que correspondeu ao melhor desempenho das mudas em viveiro, considerando as características morfológicas, e valores

superiores a estes tiveram efeito negativo no crescimento das mudas, no entanto, não é possível identificar quais elementos encontram-se em excesso, causando toxidez.

Nicoloso et al. (2007), investigando as exigências nutricionais de grápia (*Apuleia leiocarpa*), em argissolo vermelho distrófico arênico, por meio da adubação com NPK, inferem que os teores adequados de nutrientes nas folhas, para se obter 80 a 100% da matéria seca, sejam: N = 25-30 g kg⁻¹; P = 1-1,8 g kg⁻¹; K = 16-21 g kg⁻¹; Ca = 6-7,5 g kg⁻¹; Mg = 2-3 g kg⁻¹; Cu = 1,5-2,5 mg kg⁻¹; Zn = 50-85 mg kg⁻¹; Fe = 100-150 mg kg⁻¹ e Mn = 250-400 mg kg⁻¹.

Em razão da carência de estudos investigando os níveis adequados de nutrientes em mudas de espécies florestais nativas, neste caso destacando-se a *Parapiptadenia rigida*, torna-se difícil realizar uma interpretação mais consistente para determinar os níveis considerados adequados, em excesso ou em deficiência para esta espécie. Os parâmetros já estabelecidos são para poucas espécies, como *Pinus* e *Eucalyptus*, no entanto, por causa dos diversos fatores que influenciam em um programa de produção de mudas, pode-se comprometer a comparação dos resultados quando as técnicas empregadas não são semelhantes.

Landis (1989) salienta que cada viveiro deve possuir seu próprio padrão de análise nutricional, determinando as causas de variações existentes entre as espécies, fases de crescimento das plantas e práticas de cultivo. O mesmo autor complementa que a fertilização excessiva (especialmente de N) ocasiona o consumo em excesso dos nutrientes, a inibição do desenvolvimento de micorrizas e a contaminação das águas residuais pelos demais nutrientes, além dos efeitos adversos, devido à toxicidade.

A melhor forma de monitorar a fertilização é por meio da análise nutricional foliar, a qual mostra os exatos teores de nutrientes que a planta adquiriu. Por meio de sua análise e controle do crescimento das plantas, é possível identificar quando os nutrientes limitam o crescimento e se estão na disponibilidade ideal ou causando toxicidade no crescimento (JACOBS; LANDIS, 2009).

Diversos fatores afetam a disponibilidade de nutrientes para as plantas, como o meio de crescimento (substrato), volume do recipiente, valores de pH, irrigação, salinidade da solução, fonte de nutrientes, umidade, temperatura, associações simbióticas, entre outros. Assim, se as condições de cultivo são adequadas, sem

que ocorram estresses às plantas, a espécie irá responder conforme sua necessidade, de acordo com seu estágio de crescimento.

9.3 Crescimento inicial a campo

A taxa geral de sobrevivência das mudas a campo, aos 30 dias após o plantio, foi de 70%, e aos 300 dias, de 65%. Devido à elevada mortalidade das mudas no tratamento testemunha (83%) não foi possível incluí-lo na análise estatística dos dados. Desconsiderando-se a testemunha, a sobrevivência inicial foi de 84%, e a final foi de 79%. As mesmas apresentaram características morfológicas, ao final do ciclo de produção, abaixo do indicado pela literatura, com H de 3,5 cm e DC de 1,16 mm, independente do tubete. Algumas plantas, no decorrer do experimento, foram atacadas por lebres, ocasionado também a mortalidade (Apêndice 5F). Para o tratamento 9 g L⁻¹ de FLC/tubete de 180 cm³ a taxa de sobrevivência inicial foi de 100% e ao final da última avaliação a campo de 94%.

De acordo com a análise de variância, observou-se, para a sobrevivência inicial, diferença significativa das doses de FLC e tubetes. A resposta à fertilização teve comportamento quadrático crescente, com DMET igual a 7,7 g L⁻¹ (Figura 18). As plantas produzidas nos tubetes de 110 e 180 cm³ não diferiram, apresentado valores de 71 e 79%, e o de 50 cm³ teve menor valor, 61%.

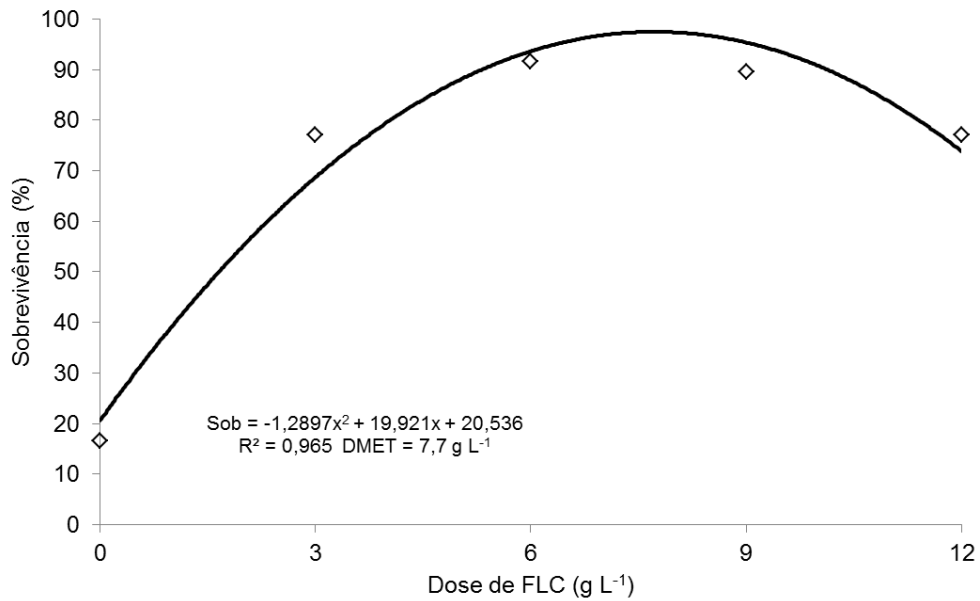


Figura 18 - Taxa de sobrevivência de mudas de *Parapiptadenia rigida*, 30 dias após o plantio no campo, em função das doses de fertilizante de liberação controlada (FLC).

De acordo com a figura 19, pode-se constatar que, na primeira avaliação (60 dias) do diâmetro do coleto, não houve diferença significativa entre os tubetes 110 e 180 cm³, com as mudas apresentando maior diâmetro. A partir dessa idade, as mudas do tubete de maior volume (180 cm³) apresentaram desempenho superior em todas as avaliações, seguidas das mudas do tubete de 110 cm³. Na última avaliação a campo, os tubetes de 50 e 110 cm³ não diferiram entre si. Como o verificado em viveiro, as mudas também apresentaram melhor resposta a campo no tubete de maior volume. A variável diâmetro do coleto apresentou respostas similares para o mesmo tratamento, tanto na fase de produção no viveiro como no campo, relacionando-se em ambas situações.

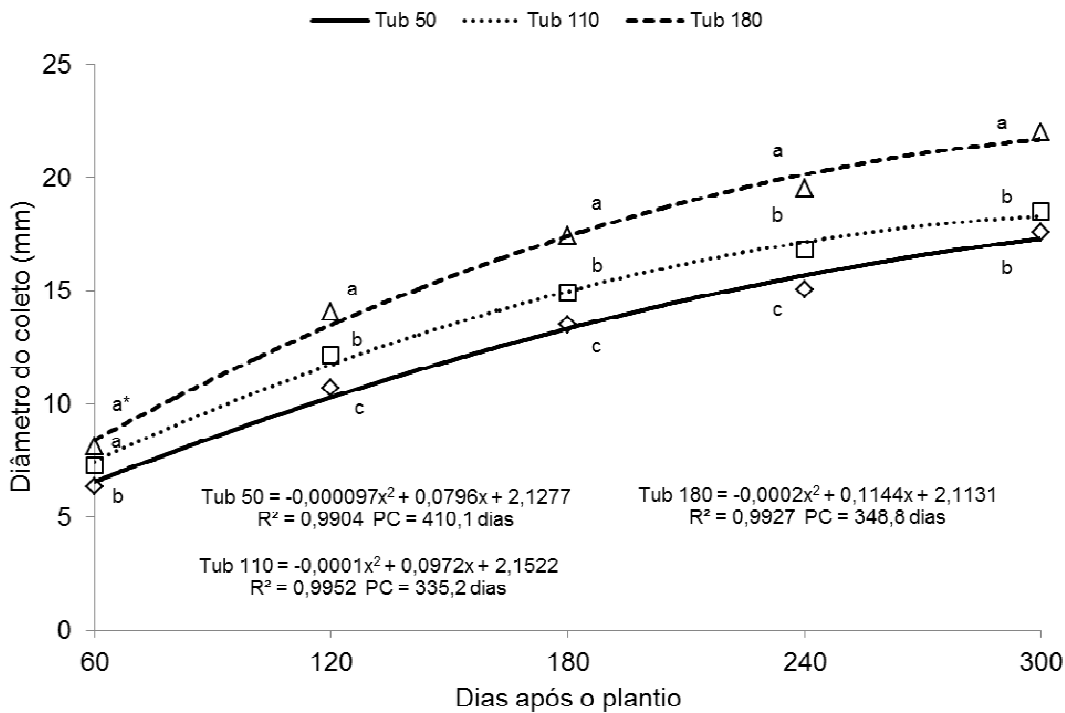


Figura 19 - Crescimento em diâmetro do coleto de mudas de *Parapiptadenia rigida* produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação na fase de plantio no campo. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada período de avaliação diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A altura das mudas de angico-vermelho apresentou incremento linear em resposta ao aumento da fertilização (Figura 20). Diferentemente do verificado na fase de viveiro, na qual as mudas apresentaram comportamento quadrático crescente para esta variável, nesta etapa, o efeito da fertilização nas maiores doses testadas não influenciou negativamente o crescimento das plantas.

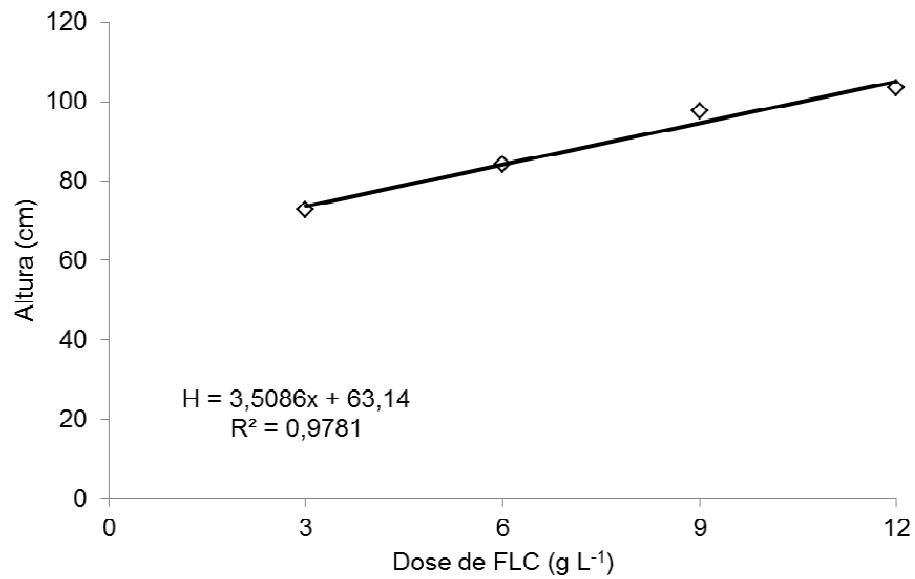


Figura 20 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida* em função das doses fertilizante de liberação controlada (FLC) na fase de plantio no campo.

Assim como verificado para o diâmetro do coleto, o crescimento em altura das mudas produzidas no tubete de 180 cm³ sempre foi superior aos demais recipientes, até os 300 dias após o plantio. Denota-se que não houve diferenças em altura para os tubetes de 50 e 110 cm³ em todos as idades avaliadas, sendo que, nos três recipientes, houve aumento linear da altura (Figura 21).

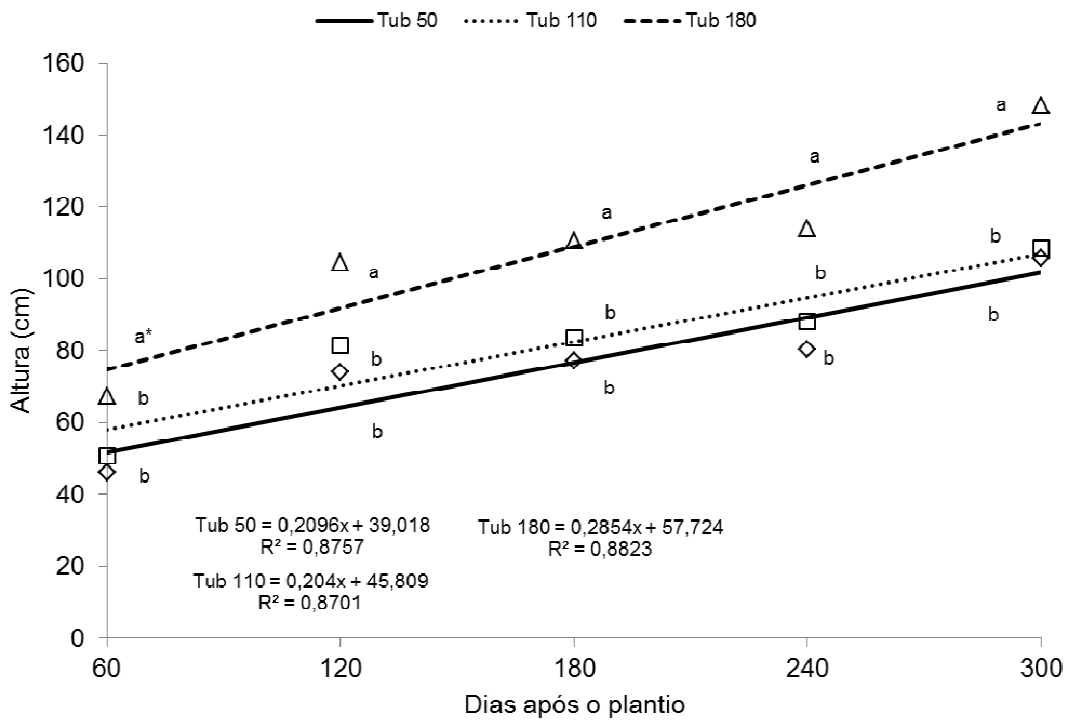


Figura 21 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida* produzidas em diferentes volumes de tubetes (50, 110 e 180 cm³), em função dos períodos de avaliação na fase de plantio a campo. *Médias não seguidas pela mesma letra em cada período de avaliação diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

José, Davide e Oliveira (2005), avaliando a produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*, para a recuperação de áreas degradadas, constataram que, aos 250 dias após o plantio a campo, não houveram diferenças significativas em altura e diâmetro do coleto das mudas produzidas em tubetes de 50 e 150 mL, e sacos plásticos de 2.250 mL. Os mesmos autores relataram que, quando um programa de reflorestamento acompanhar o de produção de mudas, podem ser utilizados recipientes de menor volume. No entanto, caso o plantio não obedeça a um cronograma fixo, deve-se preferir tubetes de maior volume.

Nesse caso, os autores mencionam o planejamento do início da produção, capaz de favorecer mudas com características adequadas (porte, estado nutricional e rusticidade) para o plantio em época favorável ao bom crescimento da muda no campo. Ressalta-se que, neste estudo, o plantio foi realizado em janeiro, mês de verão na região. Dessa forma, a irrigação é imprescindível e a muda tem de

apresentar características morfológicas adequadas para condições menos favoráveis, como elevada temperatura, maior evapotranspiração e, muitas vezes, restrição pluviométrica.

O plantio de mudas de menor porte e a presença de deformações radiculares após o plantio, em função da restrição no viveiro, podem reduzir ou atrasar o crescimento das plantas a campo, acarretando maiores custos de manutenção e diminuição no crescimento desejado (FREITAS et al., 2005). Essa situação foi evidenciada para todas as doses de FLC, incluindo a testemunha, sendo que, à medida que se aumentou o volume dos tubetes, as taxas de sobrevivência inicial foram superiores, chegando a 100% nas doses de 6 e 9 g L⁻¹, no tubete de 180 cm³.

Considerando a relação H/DC, notou-se, de maneira geral, aumento linear em função das doses de FLC (Figura 22), e maiores valores dessa relação para o tubete de 180 cm³ (6,92), não havendo diferença significativa entre os tubetes de 50 (6,12) e 110 cm³ (6,03). Percebeu-se que, tanto na etapa de viveiro como no pós-plantio, o tubete de maior volume sempre teve desempenho superior, apesar da literatura indicar que, quanto menor o valor da relação H/DC, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem a campo (GOMES; PAIVA, 2004). No entanto, segundo José (2003), este índice, para espécies florestais tropicais, encontra-se próximo de 10. Segundo Haase (2008), mudas que apresentam maior valor para esta variável são mais suscetíveis a danos provocados pelo manuseio, vento, seca e geada.

Analisando-se o desempenho da relação H/DC no tempo para a fertilização, evidencia-se aumento linear em todas os tempos de avaliação, à exceção do tempo de 120 dias, com resposta quadrática decrescente, e DMET estimada em 5,9 g L⁻¹ (Figura 22). Também nesse caso, esse resultado é similar ao observado para a altura, corroborando, dessa forma, a capacidade das plantas de angico-vermelho em retomar seu crescimento em condições de campo.

Isso demonstra a característica de rusticidade do angico-vermelho, pois, mesmo plantada em período de deficit hídrico e em solo com pH ácido (4,6), teve capacidade de se adaptar às condições de sítio e apresentar crescimento satisfatório. Esta espécie é considerada como pioneira agressiva, adaptando-se bem a solos rasos, principalmente os derivados de basalto, sendo frequente nas encostas

dos vales, no entanto, é mais abundante em solos bem drenados (EMBRAPA, 1988).

Conforme Grossnickle (2005), mudas produzidas em viveiro que apresentam maior parte aérea e menor sistema radicular (elevada relação altura:raiz) apresentam a desvantagem de transpirar mais rápido do que a capacidade de absorver água do solo. Em sítios que apresentam condições limitantes, recomenda-se o plantio de mudas produzidas em recipientes de maior volume, em baixas densidades (maior espaçamento entre mudas), produzindo-se, dessa forma, mudas de porte inferior e diâmetro do coleto mais espesso.

Ritchie et al. (2010) descrevem alguns efeitos da morfologia que podem influenciar no desempenho de mudas produzidas em recipientes, como: o diâmetro inicial do coleto tende a se correlacionar com a sobrevivência a campo; a altura se correlaciona com o crescimento das brotações; características morfológicas podem apresentar influências indiretas, como, por exemplo, o diâmetro do coleto pode interferir na sobrevivência de plantas com sistema radicular pouco desenvolvido, devido às condições de sítio, porém não o contrário; e, geralmente, maior volume do recipiente tende a ter melhor performance do que os menores.

Malavasi e Malavasi (2006), avaliando o efeito de diferentes volumes de tubetes no crescimento de plantas de *Cordia trichotoma* e *Jacaranda micrantha*, observaram que, após 180 dias do plantio a campo, as mudas originadas dos tubetes de maior volume (120, 180 e 300 cm³) apresentaram comportamento similar, no entanto, superior ao de menor volume (55 cm³), recomendando, para estas espécies, o de 120 cm³, representando economia de substrato e menor espaço ocupado no viveiro. Ressalta-se que, no estudo mencionado anteriormente, o plantio foi realizado em um latossolo vermelho-escuro eutroférico, com irrigações a cada quatro dias, na ausência de precipitação.

José (2003) enfatiza que a produção de mudas em tubetes é a melhor alternativa técnica para a produção de mudas de alta qualidade, com bom desempenho após o plantio, somando-se a isso as facilidades operacionais no processo de produção, transporte, plantio e menores custos de produção.

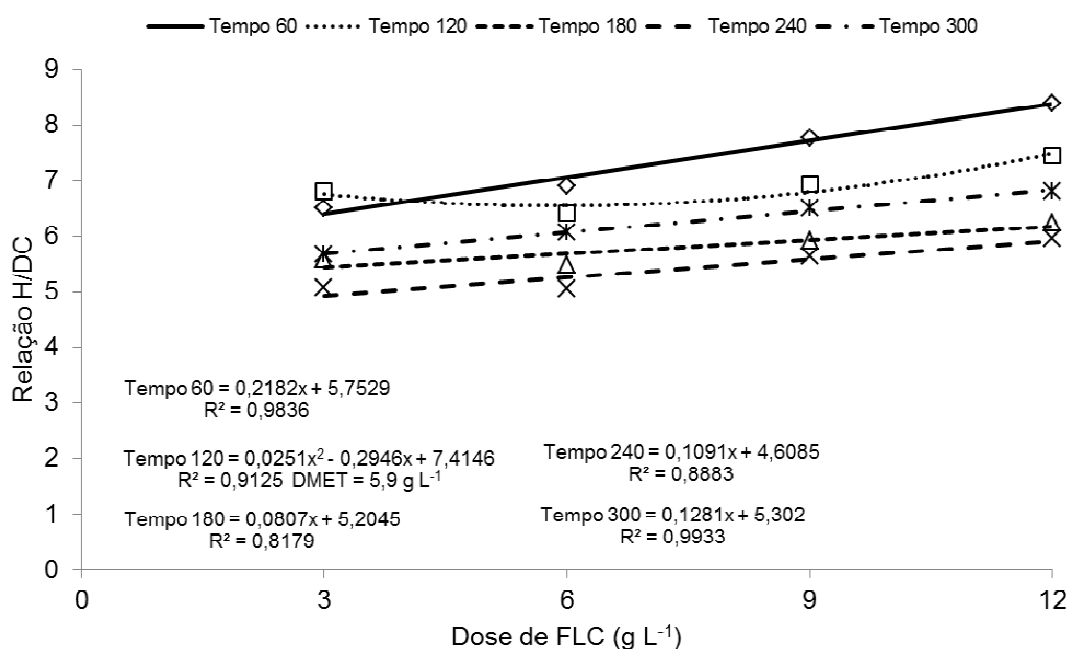


Figura 22 - Relação altura/diâmetro do coleto (H/DC) de mudas de *Parapiptadenia rigida* em função das doses de FLC nos diferentes períodos de avaliação, na fase de plantio a campo.

A mudança de comportamento das plantas de angico-vermelho, em relação à aplicação do fertilizante de liberação controlada, para as variáveis analisadas (H, DC e H/DC), em viveiro e a campo, passando de uma resposta quadrática na primeira fase e linear na segunda, provavelmente esteja ligada à redução do efeito da fertilização, ocasionada pela perda dos nutrientes minerais no substrato e nas plantas. Além disso, por ser um fertilizante de liberação controlada, os nutrientes podem ter se esgotado, não havendo mais liberação para a solução do meio. Este fato pode ter se intensificado a partir do momento em que as mudas foram postas para rustificar, em ambiente a céu aberto, prosseguindo, posteriormente, no plantio a campo, ocasionado, principalmente, pela lixiviação dos nutrientes através da irrigação e água das chuvas.

De acordo com Marengo e Lopes (2007), a perda dos elementos minerais pelas folhas ocorre por lixiviação, por ação da água proveniente de chuvas, irrigação, orvalho, neblina ou nevoeiro. Conforme os mesmos autores, as principais formas de lixiviação de solutos das folhas são: a) excreção de solutos nas pontas e margens das folhas por gutação, através dos hidatódios; b) excreção ativa de

solutos das folhas, como a eliminação de sais por meio de tricomas, folhas e vagens; e c) lixiviação de solutos através de áreas foliares danificadas.

Larcher (2000) menciona que os três principais processos de eliminação dos minerais pelas plantas são pela recreção, secreção e excreção. O primeiro ocorre em toda a superfície da planta por meio da lavagem dos sais pela água da chuva, principalmente o K, Na, Mg e Mn, que são facilmente lixiviados. Já a perda por meio da secreção ou excreção é insignificante para o balanço mineral.

O uso de fertilizantes de liberação controlada também tem apresentado bons resultados na fertilização a campo, aplicado diretamente na cova com as mudas, resultando em melhorias no sucesso do estabelecimento inicial de plantas de espécies folhosas, mantendo elevada as taxas de sobrevivência e maior crescimento em altura (incremento de 52%), se comparado com mudas não fertilizadas (JACOBS; SALIFU; SEIFERT, 2005).

Assim, a união de características das plantas com o êxito das plantações, requer um esforço conjunto para que se possam estabelecer padrões de qualidade e, por meio da análise dos resultados a campo, possam-se definir novas técnicas e pesquisas que permitam prever o comportamento das plantas. Dessa forma, é possível implementar um programa de controle de qualidade, no qual se consiga um produto com as melhores características e máximo retorno de sobrevivência e crescimento, conforme já mencionado por Birchler et al. (1998).

10 CONCLUSÕES

– A aplicação de fertilizante de liberação controlada (FLC) na produção de mudas em viveiro de *Parapiptadenia rigida* tem efeito positivo no crescimento, atingindo os padrões de qualidade para o plantio a campo aos 180 dias, com redução no tempo de produção das mudas em até 30 dias;

– A dose de 9,0 g L⁻¹ de substrato, composto por turfa e 20% de casca de arroz carbonizada, do FLC (18-05-09), combinado com tubete de 180 cm³, proporciona mudas com características morfológicas superiores;

– Mudas que não recebem fertilização com FLC em viveiro apresentam elevada taxa de mortalidade a campo, e as produzidas no tubete de 180 cm³, proporcionam melhor desempenho a campo no primeiro ano;

– As variáveis morfológicas diâmetro do coleto e altura são bons parâmetros para avaliar a qualidade morfológica das plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, I. B.; Conservação de sementes. In: IF SÉRIE REGISTROS. **Manual técnico de sementes florestais**, São Paulo: Instituto Florestal, n. 14, p. 1-98, 1995.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo de adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A. et al. (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. cap. 10, p. 117-151.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul**: guia de identificação e interesse ecológico. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332 p.

BEWLEY, J. D. BLACK, M. **Seeds**: physiology and germination. 2. ed. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementacion practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, v.7, n. 1/2, p. 109-121, 1998.

BISSANI, C. A.; ANGHINONI, I. Enxofre, cálcio e magnésio. In: BISSANI, C. A. et al. (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. cap. 17, p. 207-220.

BONNER, F. T. Storage of hardwood seeds. **Forest Genetics Resources Information**, Rome, n. 7, p. 10-17, 1978.

BONNER, F. T. Storage of seeds. In: BONNER, F. T.; KARRFALT, R. P. (Ed.). **The woody plant seed manual**. Washington, DC, U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 727, 2008. p. 85-95.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 223-232, 2010.

BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch, em tubetes**. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRONDANI, G. E. et al. Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, 2008.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 333-350.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. Produção de mudas de espécies nativas por sementes e a implantação de povoamentos. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas: [s.n.], 2000. p. 151-174.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. Colombo, PR: EMBRAPA Florestas, v. 1, 2003. 1039 p.

CLOSE, D. C. et al. Influences of seedling size, container, type and mammal browsing of the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. **New Forests**, Netherlands, v. 39, p. 105-115, 2010.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Seed science and technology**. 3. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409 p.

CQFS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 507-516, 2005.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Viveiros florestais. In: DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. (Ed.). **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 2, p. 83-124.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Sementes florestais. In: _____. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. p. 11-82.

DAVIDE, C. D. et al. Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais pertencentes à família Lauraceae quanto à capacidade de armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 29-35, 2003.

DOMINGUEZ-LERENA, S. et al. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 226, p. 63-71, 2006.

EIBL, B. I. et al. Ensayos de germinación y análisis cuantitativo en semillas de especies forestales nativas de Misiones, R.A. **Yvyrareta**, Eldorado, v.5, n.5, p.33-48, 1994.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behavior? I. coffee. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 41, n. 9, p. 1.167-1.174, 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1988. 113 p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 21).

FAN, Z.; MOORE, J. A.; WENNY, D. L. Growth and nutrition of container-grown ponderosa pine seedlings with controlled-release fertilizer incorporated in the root plug. **Ann. For. Sci.**, Paris, n. 61, 2004, p. 117-124.

FAO. **State of the World's Forests**. Rome, Food and Agriculture of United Nations, 2011. 164 p.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. 2002. 77 f. Monografia (Especialização a distância: fertilidade do solo e nutrição de plantas no agronegócio)–Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu”–Universidade Federal de Lavras/FAEPE, Lavras, 2002.

FARIAS, J. A.; HOPPE, J. M.; VIVIAN, J. A. C. Comportamento de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Bentam) Brenan, submetidas a diferentes índices de luminosidade e em função de diferentes dimensões de recipientes. **Caderno de Pesquisa Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 2, p. 69-80, 2005.

FERRAZ, A. V.; ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. Var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 413-423, 2011.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIGLIOLIA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FOGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: Abrates, 1993. p. 137-213.

FIGLIOLIA, M. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUEZ, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coord.). **IF Série Registros**. Manual técnico de sementes florestais. São Paulo: Instituto Florestal, n. 14, 1995. p. 45-60.

FILHO, A. B. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 259-269, 2009.

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

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

FOWLER, J. A. P. Superação de dormência a armazenamento de sementes de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. p. 77-100.

FOWLER, J. A. P.; CARPANEZZI, A. A. Conservação de sementes de angicogurucaia (*Parapiptadenia rigida*) (Bentham) Brenan. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 36, p. 5-10, 1998.

FREITAS, T. A. S. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

GIANELLO, C.; GIASSON, É. Fatores que afetam o rendimento das culturas e sistemas de cultivos. In: BISSANI, C. A. et al. (Ed.). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 21-32.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K**. 2001. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais** (propagação sexuada). 3 ed. Viçosa: UFV, 2004. 116 p. (Cadernos Didáticos, 72).

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Produção de mudas de eucalipto por sementes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 242, p. 14-22, 2008.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: 1995. 15 p. (Documentos Florestais, 23).

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, 2005. p. 309-350.

GROSSNICKLE, S. C. Seedling size and reforestation success: how big is big enough: In: COLOMBO, S. J. et al. **Proceedings** the thin green line: a symposium on the state of the art in reforestation. Forest Research Information Paper 160. Canada: Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, 2005, p. 144-149.

HAASE, D. L.; ROSE, R.; TROBAUGH, J. Field performance of tree stock size of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing medium. **New Forests**, Netherlands, n. 31, 2006, p. 1-24.

HAASE, D. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planter's Notes**. United States: Department of Agriculture/ Forest Service, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HARRINGTON, J. F. **The value of moisture-resistant containers in vegetable seed packing**. Davis: California Agricultural Experiment Station, 1963. (Bulletin, 792.) 23 p.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 1996. (IPGRI Technical Bulletin, 1) 55 p.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Storage. In: VOZZO, J. (Ed.). **Tropical tree seed manual**.. Washington, DC, U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook 721, 2002. p. 125-136.

ISTA. International Seed Testing Association. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, Switzerland, ISTA, 1981. 72 p.

JACOBS, D. F.; SALIFU, K. F.; SEIFERT, J. R. Growth and nutritional response of hardwood seedlings to controlled-release fertilization at outplanting. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 214, p. 28-39, 2005.

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. Fertilization. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Nursery manual for native plants**: a guide for tribal nurseries. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009. p. 201-215.

JAENICKE, H. **Good tree nursery practices**: practical guidelines for research nurseries. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1999. 93 p.

JOSÉ, A. C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas**. 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Ambiental)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254p.

KARRFALT, R. P. Seed testing. In: BONNER, F. T.; KARRFALT, R. P. (Ed.). **The woody plant seed manual**. Agriculture Handbook 727. Washington, DC, U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, 2008. p. 97-115.

LANDIS, T. D. Mineral nutrients and fertilization. In: LANDIS, T. D. et al. **The container tree nursery manual**. Agriculture Handbook 674. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v. 4, 1989. p. 1-67.

LANDIS, T. D. Containers: types and functions. In: LANDIS, T. D. et al. **The container tree nursery manual**, v. 2. Agriculture Handbook. 674. Washington, DC: U.S., Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 1-40.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after outplanting. **Forest Nursery Notes**. United States, Department of Agriculture, Forest Service, 2009. p. 5-11.

LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. The target plant concept. In: _____. **Seedling Processing, Storage and Outplanting**, v. 7, Agriculture. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010. cap. 1. p. 1-15.

LANG, M. J. **Ação do uso de fertilizantes de pronta e lenta disponibilidade na formação de mudas e crescimento inicial de *Peltophorum dubium* Spreng. Taub e *Parapiptadenia rigida* Vell.** 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531 p.

LIMA JUNIOR, M. J. V. (Ed.). **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. Manaus: UFAM, 2010. 146 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, São Paulo: Plantarum, 2002. v. 1. 378 p.

LORZA, R. F.; SOUZA, F. M.; NAKASHINA, R. Pomares de sementes de espécies nativas: situação atual e propostas. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Ed.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 41-64.

LUNA, T.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Containers. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Nursery manual for native plants**: a guide for tribal nurseries. Nursery management. Agriculture Handbook 730. Washington. D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009. p. 95-111.

MAGUIRE, J. B. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-177, 1962.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud e *Jacaranda micranta* Cham. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das angiospermas**: leguminosas. Santa Maria: Ed. da UFSM, 1997. 200 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, J. B. F. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes. 1999. p. 1-21.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. da UFV, 2007. 469 p.

MARQUES, M. A. **Secagem e armazenamento de sementes de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul e *A. colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**. 2007. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MEDEIROS, A. C. S.; EIRA, M. T. S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 13 p. (Circular Técnica, 127.)

MEXAL, J. G.; LANDIS, T. D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM: PROCEEDINGS COMBINED MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Oregon. **Proceedings**...Oregon: USDA, 1990. cap. 3. p. 17-37.

MONDO, V. H. V. et al. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 177-183, 2008.

MORAES NETO, S. P. et al. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p.129-137, 2003a.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p.779-789, 2003b.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 83p.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 49-86.

NICOLOSO, F. T. et al. Exigências nutricionais da grápia em argissolo vermelho distrófico: (II) efeito da adubação NPK no teor de nutrientes nos tecidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 372-380, 2007.

OLIET, J. et al. Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* mil. **Investigación agraria: sistemas y recursos forestales**, Madrid, v. 8, n. 1, p. 207-228, 1999.

OLIVEIRA JR., R. S.; DELISTOIANOV, F. Profundidade de semeadura e métodos de quebra de dormência afetando a germinação e emergência de *Desmodium purpureum* (Mill.) Fawc. Et Rend. (Leguminosae-Papilionoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 221-225, 1996.

OLIVEIRA, O. S. **Tecnologia de sementes florestais**. Curitiba: Imprensa Universitária, 2007. 185 p.

PACTO. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.pactomataatlantica.org.br>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

PENSAF. **Plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais**. Brasília: MMA/MAPA/MDA/MCT, 2006. 38 p.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 283-295.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Estado da arte da produção de sementes de espécies florestais na Mata Atlântica. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. (Org.). **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR/UFRRJ, 2007. p. 11-33.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. (Org.). **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: Edur, 2007. p. 105-142.

PINTO, L. P. et al. A Mata Atlântica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica, 2009. p. 6-10.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2008. 407 p.

RAMOS, A. et al. **Substratos e temperaturas para germinação de sementes de angico (*Parapiptadenia rigida*)**. Colombo: Embrapa Florestas, 1995. 1 p. (Comunicado Técnico, 3.)

RESENDE, Á. V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 2071-2081, 1999.

RIBEIRO, G. T. et al. **Produção de mudas de eucalipto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 103 p.

RITCHIE, G. A. et al. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **Seedling Processing, Storage and Outplanting**, v. 7, Agriculture. Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010. cap. 2. p. 17-81.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life seeds. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 1, p. 499-514, 1973.

ROSE, R.; CARLSON, W. C.; MORGAN, P. The target seedling concepts. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM: PROCEEDINGS COMBINED MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Oregon. **Proceedings**...Oregon: USDA, 1990. cap. 1. p. 13-17.

ROSSA, Ü. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea odorifera*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 491-500, 2011.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: Ed. da UnB, 2004. 248 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. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SARMENTO, M. B.; VILLELA, F. A. Sementes de espécies florestais nativas do sul do Brasil. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 39-44, 2010.

SCHMIDT, L. **Guide to handling of tropical and subtropical seed**. Humlebaek, Danida Forest Seed Centre, 2000. 511 p.
SCHMIDT, L. **Tropical forest seed**. New York: Springer, 2007. 409 p.

SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 149-155, 2004.

SCIVITTARO, W. B.; OLIVEIRA, R. P.; RADMANN, E. B. Doses de fertilizante de liberação lenta na formação do porta-enxerto 'Trifoliata'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 520-523, 2004.

SCREMIN-DIAS, E. et al. (Org.). **Produção de sementes de espécies florestais nativas**: manual. Campo Grande: Ed. da UFMS, 2006. 43 p.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.71, p.1-49, 2001.

SILVEIRA, R. L. V. A.; LUCA, E. F.; SHIBATA, F. Absorção de macronutrientes pelas mudas de *Eucalyptus grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 839-841.

SILVEIRA, R. L. V. A. et al. Absorção de micronutrientes pelas mudas de *Eucalyptus grandis* em condição de viveiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos...** Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p. 842-844.

SILVA, A.; PEREZ, S. C. J. G. A.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* Sabine acondicionadas e armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 197-206, 2011.

SOUTH, D. B. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. **Forestry and Wildlife Series**, Auburn, v. 1, 2000. 12 p.

SOUZA, V. C. et al. Conservação de sementes de marizeiro *Geoffroea spinosa* Jacq. utilizando diferentes embalagens e ambientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 93-102, 2011.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2000. cap. 7. p. 125-150.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEXAS GREENHOUSE MANAGEMENT HANDBOOK. Disponível em: <<http://aggiehorticulture.tamu.edu/greenhouse/nursery/guides/green>>. 1999. Acesso em: 22 dez. 2011.

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

VALLONE, H. S. et al. Recipientes e substratos na produção de mudas e no desenvolvimento inicial de cafeeiros após o plantio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1327-1335, 2009.

VALOIS, A. C. C. Conservação de germoplasma “ex situ”. In: PUIGNAU, J. P.; CUNHA, R. (Ed.) **Conservación de germoplasma vegetal**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1996. p. 7-11 (Diálogo – IICA - PROCISUR; 45).

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: Funep, 1994. p. 103-132.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, J. B. F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. (Ed.). Londrina: Abrates, 1999. p. 1-26.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, J. B. F. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, Comitê de Vigor de Sementes, 1999. p. 1-26.

VILLELA, F. A.; PERES, W. B. Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265-281.

WENDLING, I. et al. **Planejamento e instalação de viveiros**. Viçosa: Aprenda Fácil, v. 1, 2001. 106 p.

WIEDENHOEFT, A. C. **Plant nutrition**, New York: Chelsea House, 2006. 144 p.

WIELEWICKI, A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.

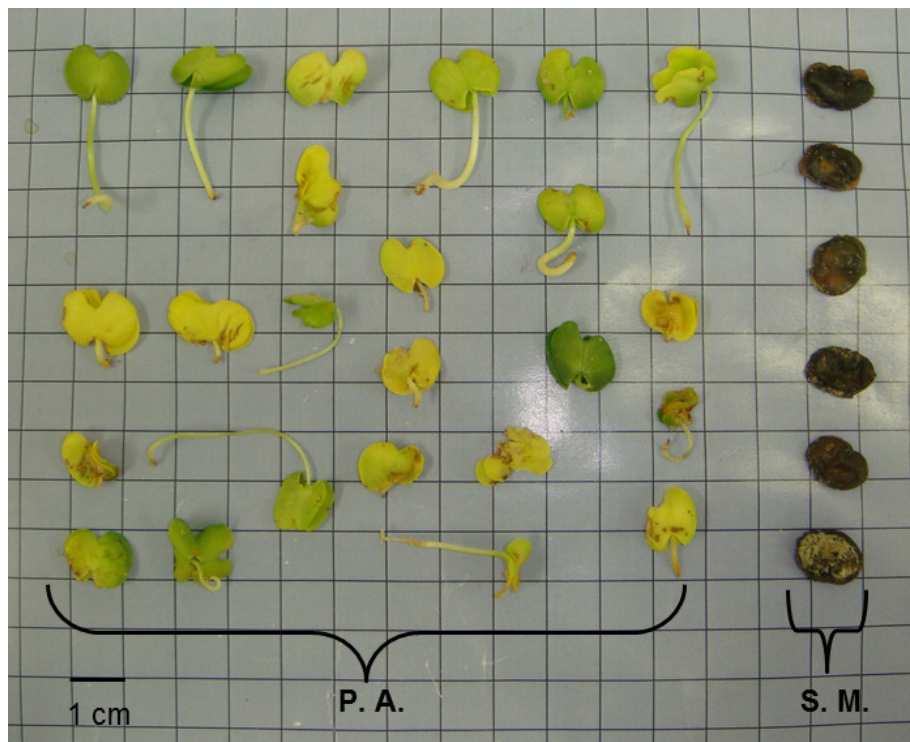
WILKINSON, K. M.; LANDIS, T. D. Planning a native plant nursery. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Ed.). **Nursery manual for native plants**: a guide for tribal nurseries. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009, p. 3-13.

APÊNDICES

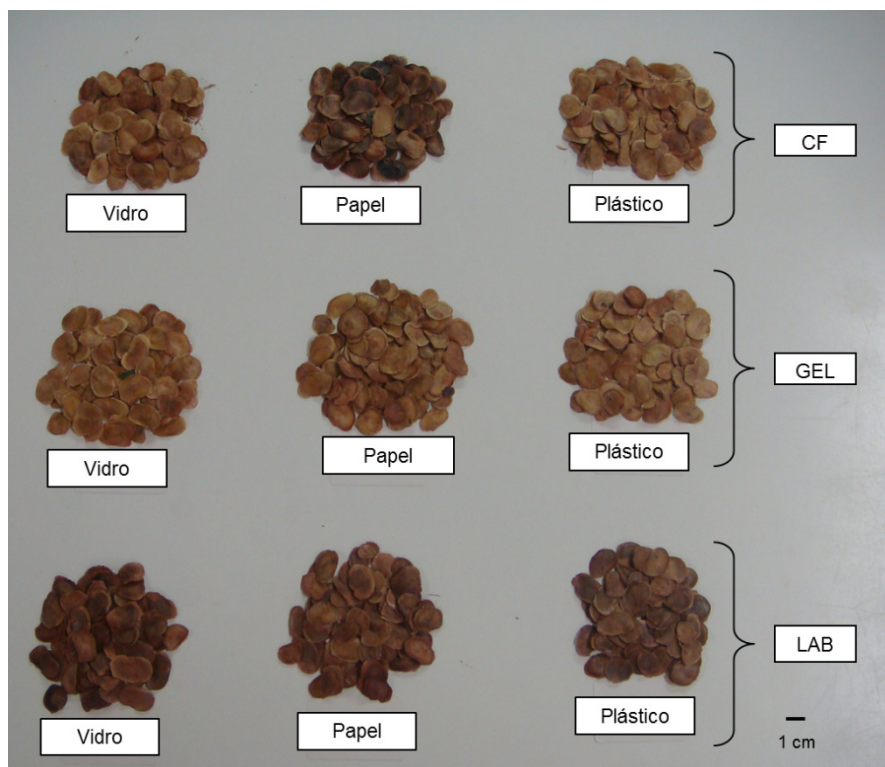
Apêndice 1 - Aspectos morfológicos de plântulas normais de *Parapiptadenia rigida* verificadas no teste de germinação ao longo do armazenamento. Legenda: co – cotilêdones; hp – hipocótilo e rp – raiz primária.



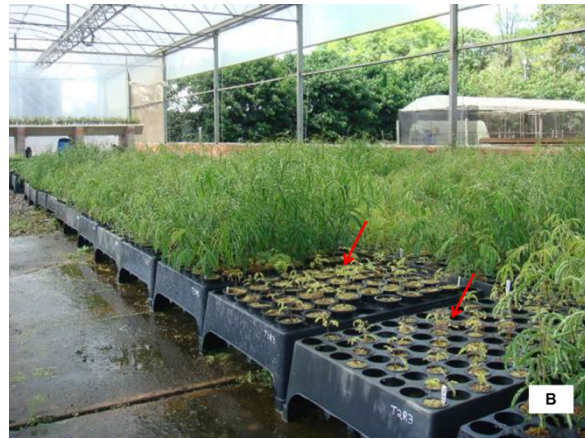
Apêndice 2 - Plântulas anormais (P. A.) e sementes mortas (S. M.) de *Parapiptadenia rigida* verificadas no teste de germinação ao longo do armazenamento.



Apêndice 3 - Aspecto das sementes de *Parapiptadenia rigida* nos diferentes ambientes (CF = câmara fria, GEL = geladeira e LAB = laboratório) e embalagens (vidro, papel e plástico) aos 420 dias de armazenamento.



Apêndice 4 - Aspectos da produção de mudas, na fase de viveiro, de *Parapiptadenia rigida*, (A) crescimento em casa de vegetação, (B) testemunha (sem FLC), (C) sintoma visual de toxidez e (D) etapa de rustificação a céu aberto. Viveiro Florestal/UFSM, Santa Maria/RS.



Apêndice 5 - Aspectos do plantio no campo de *Parapiptadenia rigida*, (A) abertura das covas com auxílio de um perfurador de solo acoplado num trator, (B) covas circulares de 0,05 m³, (C) covas preenchidas com terra de subsolo, (D) mudas plantadas no local (E) fertilização de cobertura aos 30 dias e (F) planta danificada por lebre. Viveiro Florestal/UFSM, Santa Maria/RS.



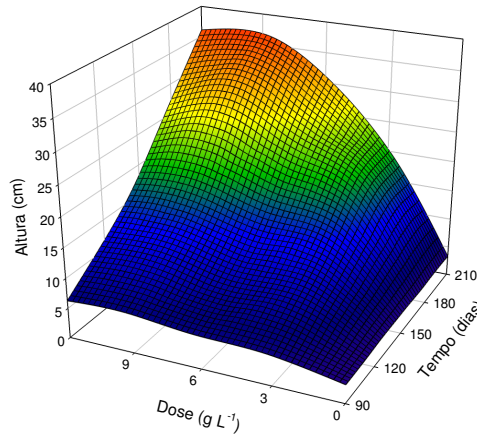
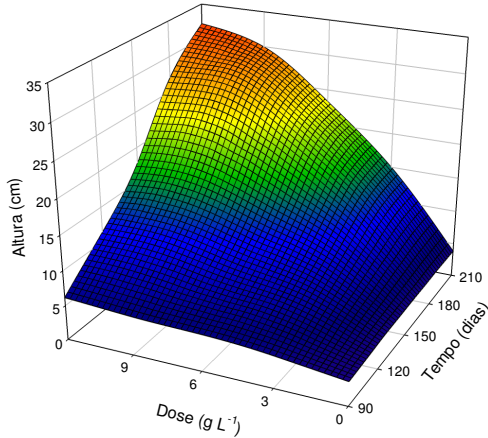
Apêndice 6 - Crescimento em altura de mudas de *Parapiptadenia rigida*, produzidas em diferentes volumes de tubetes, 50 cm³ (A), 110 cm³ (B) e 180 cm³ (C), em função das doses de FLC, nos períodos de avaliação (tempo), na fase de viveiro.

$$H = -1,725 + 0,0503 \cdot x - 0,3721 \cdot y - 8,5119 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 + 0,019 \cdot x \cdot y - 0,1004 \cdot y^2$$

$$R^2 = 0,9956$$

A $H = 3,1759 - 0,0515 \cdot x + 0,3096 \cdot y + 0,0003 \cdot x^2 + 0,0208 \cdot x \cdot y - 0,1738 \cdot y^2$ **B**

$$R^2 = 0,9512$$



C $H = 6,3236 - 0,1146 \cdot x + 0,5018 \cdot y + 0,0006 \cdot x^2 + 0,0249 \cdot x \cdot y - 0,2285 \cdot y^2$

$$R^2 = 0,9214$$

