

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong: **EFEITOS DE
DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA QUALIDADE DE
MUDAS E CRESCIMENTO INICIAL EM CAMPO**

LUCAS RAFAEL DE LIMA SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
FEVEREIRO – 2025

LUCAS RAFAEL DE LIMA SILVA

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong: **EFEITOS DE
DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA QUALIDADE DE
MUDAS E CRESCIMENTO INICIAL EM CAMPO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes-(UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
FEVEREIRO – 2025

Lucas Rafael de Lima Silva

“*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong: EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA QUALIDADE DE MUDAS E CRESCIMENTO INICIAL EM CAMPO”

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2025.

Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br NILTON JOSE SOUSA
Data: 26/02/2025 11:46:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Nilton José Sousa, (D.SC. Engenharia Floresta,) - UFPR

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSELANE PRISCILA GOMES DA SILVA
Data: 27/02/2025 09:44:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Joselane Priscila Gomes da Silva, (D.SC. Ciências Florestais,) - UEAP



Prof. Adalberto Brito de Novaes, (D.SC., Engenharia Florestal) - UESB, Orientador

S581e

Silva, Lucas Rafael de Lima.

Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong: efeitos de diferentes sistemas de produção na qualidade de mudas e crescimento inicial em campo. / Lucas Rafael de Lima Silva, 2025.

89f. : il. color.

Orientador(a): Dr. Adalberto Brito de Novaes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2025.

Inclui referências F. 68 - 78

1. Idade de expedição. 2. Potencial de regeneração de raízes. 3. Recipientes. 4. Sombreamento. 5. Tamboril. I. Novaes, Adalberto Brito de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD 634.956

Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre iluminar meu caminho. Agradeço ao Senhor por cada nova chance que Ele me dá.

Aos meus pais, Severino e Rosa, minha base para tudo, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando. Aos meus irmãos, Luma e Luan, minha cunhada, Lívia, e à minha princesinha que está chegando, Luísa. Vocês são minha fortaleza.

Aos meus familiares – avós, tios, tias e primos – pelo apoio em todos os momentos.

Ao professor Adalberto, pela oportunidade de trabalharmos juntos, pela receptividade, orientação, conversas e pela confiança ao longo desses dois anos. Muito obrigado!

Aos amigos que fiz na UESB e no programa de pós-graduação, cujo apoio e incentivo foram essenciais para a construção dessa etapa. Aos amigos do laboratório de Silvicultura – Aldair, Joanna, Ana Caetano, Júlia, Beatriz, Rebeca, Ana Clara, Karina, Zilda e Prof. Luís Carlos, em especial, Aldair, Igor, Thallyta e Mylena, por cada momento compartilhado, conversa e incentivo. Vocês se tornaram minha segunda família.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB e aos professores do programa PPGCiFlor. Em especial, agradeço à secretária do programa, Fabrícia (Fafa), por todas as orientações, conversas, nossos cafés e até nossas "brigas" (rsrsrs). Desejo a você tudo de mais especial na sua vida. Agradeço também ao pessoal do viveiro da UESB por todo o apoio na realização deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

E a todos que estiveram envolvidos ao longo dessa etapa, muito obrigado!

RESUMO

SILVA, Lucas Rafael de Lima, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, fevereiro de 2025. *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong: **efeitos de diferentes sistemas de produção na qualidade de mudas e crescimento inicial em campo.** Orientador: Adalberto Brito de Novaes.

A presente pesquisa objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes sistemas de produção envolvendo dois tipos de recipientes, dois níveis de sombreamentos e duas idades de expedição, na qualidade e no desempenho no campo, de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. A pesquisa foi conduzida em três etapas distintas: produção das mudas e avaliação dos parâmetros morfológicos em viveiro, avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR) em tubos, e avaliação no campo, considerando altura da parte aérea, diâmetro de coleto e área de copa, cinco meses após o plantio. Para a produção das mudas no viveiro, utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com um arranjo fatorial 3 x 2 x 2, incluindo três tipos de recipientes (tubetes de 288 cm³, sacos plásticos de 400 cm³ e sacos plásticos de 700 cm³), dois níveis de sombreamento (pleno sol e 50% sombreamento) e duas idade de expedição (60 dias e 90 dias). Para determinação do PRR, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições. No campo, adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três blocos. A análise estatística constou de análise de variância (ANOVA) para verificar diferença entre as médias, teste de médias por Tukey 5% de significância, correlação para ver a associação entre as variáveis e análise de regressão para prever as tendências futuras dos dados de campo. As mudas produzidas em tubetes, a pleno sol e com 90 dias apresentaram maiores médias para os parâmetros avaliados em viveiro, assim como maior ritmo de crescimento em campo, no parâmetro PRR as mudas produzidas em sistema tubetes e com 90 dias obtiveram as maiores taxas de regeneração de raízes. O potencial de regeneração de raízes (PRR) foi considerado preciso na determinação da qualidade das mudas, ao prognosticar o seu desempenho em campo. Mudas de sacos plásticos 400 cm³, a pleno sol com 60 dias, apresentaram, em geral, as médias mais baixas em viveiro e campo. O sistema de produção de mudas em tubetes com 288 cm³, a pleno sol e com idades de 90 dias, apresenta no campo o melhor desempenho. Mudas produzidas no

sistema de produção em sacos plásticos com 400 cm³, a pleno sol e com 60 dias, apresentam os valores de desempenho mais baixos no viveiro e no campo no período de cinco meses.

Palavras-chave: idade de expedição; potencial de regeneração de raízes; recipientes; sombreamento; tamboril.

ABSTRACT

SILVA, Lucas Rafael de Lima, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, february, 2025. *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong: **effects of different production systems on seedling quality and initial growth in the field**. Adviser: Adalberto Brito de Novaes.

The present research aimed to evaluate the effects of different production systems involving two types of containers, two levels of shading and two shipping ages on the quality and field performance of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong seedlings. The research was conducted in three distinct stages: seedling production and evaluation of morphological parameters in the nursery, evaluation of the Root Regeneration Potential (RRP) in tubes, and field evaluation, considering shoot height, Root-collar diameter and canopy area, five months after planting. For seedling production in the nursery, a completely randomized experimental design with a 3 x 2 x 2 factorial arrangement was used, including three types of containers (288 cm³ tubes, 400 cm³ plastic bags and 700 cm³ plastic bags), two shading levels (full sun and 50% shade) and two shipping ages (60 days and 90 days). To determine the PRR, a completely randomized experimental design with six replicates was used. In the field, a randomized block experimental design with three blocks was adopted. Statistical analysis consisted of analysis of variance (ANOVA) to verify differences between means, Tukey's mean test at 5% significance, correlation to verify associations between variables and regression analysis to predict future trends of field data. The seedlings produced in tubes, in full sun and aged 90 days, presented higher averages for the parameters evaluated in the nursery, as well as a higher growth rate in the field. In the PRR parameter, the seedlings produced in the tube system and aged 90 days had the highest root regeneration rates. The root regeneration potential (PRR) was considered accurate in determining the quality of the seedlings, when predicting their performance in the field. Seedlings from 400 cm³ plastic bags, in full sun and aged 60 days, generally presented the lowest averages in the nursery and field. The seedling production system in tubes with 288 cm³, in full sun and aged 90 days, presented the best performance in the field. Seedlings produced in the production system in plastic bags with 400 cm³, in full sun and aged 60 days, presented the lowest performance values in the nursery and in the field in the period of five months.

Keywords: age of expedition; root regeneration potential; containers; shading; tamboril.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVO	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	19
3.2 Qualidade das mudas florestais	20
3.3 Parâmetros relacionados a qualidade de mudas florestais	21
3.3.1 Parâmetros morfológicos	22
3.3.2 Parâmetros fisiológicos – Potencial de regeneração de raízes (PRR)	26
3.4 Recipientes utilizados na produção de mudas florestais	27
3.4 Sombreamento na produção de mudas florestais	30
3.5 Idade de expedição de mudas florestais	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Localização dos experimentos	32
4.2 Tratamentos e procedimentos estatísticos	33
4.3 Produção das mudas	34
4.3.1 Recipientes e substratos utilizados	34
4.3.2 Instalação do experimento em viveiro	35
4.4 Avaliação dos parâmetros morfológicos	36
4.5 Instalação e determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)	37
4.6 Etapa de campo e avaliação do desempenho das plantas	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 Parâmetros morfológicos	41
5.1.1 Altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D	41
5.1.2 Biomassa fresca da parte aérea e radicial	45
5.1.3 Biomassa seca da parte aérea, radicial e total	48
5.1.4 Índice de qualidade de Dickson (IQD)	51
5.2 Potencial de Regeneração de Raízes – (PRR)	52
5.2.1 Correlação do Potencial de Regeneração de Raízes – (PRR.) com os parâmetros morfológicos de viveiro	55
5.3 Desempenho das mudas no campo	56
5.3.1 Correlações entre o PRR e o desempenho das mudas no campo	65
6. CONCLUSÃO	67
7. REFERÊNCIAS	68

APÊNDICES	79
APÊNDICE A: Tabelas das análises de variância (ANOVA) dos parâmetros de viveiro.	79
APÊNDICE B: Tabelas das análises de variância (ANOVA) dos parâmetros de campo.	84
APÊNDICE C: Tabelas com desdobramentos dos parâmetros com interação tripla significativas.	87

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Localização da área de estudo em Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 32
- Figura 2:** Recipientes utilizados na produção das mudas de *E. contortisiliquum*, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 35
- Figura 3:** Mudanças de *E. contortisiliquum* produzidas no viveiro. A) mudas produzidas a pleno sol; B) mudas produzidas com 50% de sombreamento. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 36
- Figura 4:** Processo de avaliação dos parâmetros morfológicos. A) mudas dispostas sobre folhas de papel absorvente em bancada do Laboratório de Silvicultura da UESB, visando o escoamento da água superficial; B) mensuração da altura da parte aérea; C) determinação da biomassa fresca da parte aérea; e D) determinação da biomassa fresca de raízes. 37
- Figura 5:** Experimento instalado visando a avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes das mudas de *E. contortisiliquum*. A) poda radicial realizada nas mudas; B) tratamentos para avaliação do potencial de regeneração das raízes – PRR; C) avaliação da quantidade de raízes regeneradas. 38
- Figura 6:** Preparo do solo para o plantio das mudas de *E. contortisiliquum*. A) área de plantio das mudas; B) abertura das covas; C) plantio das mudas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 39
- Figura 7:** Mensuração da área de copa das mudas de *E. contortisiliquum*, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 40
- Figura 8:** Valores médios da variável altura da parte aérea, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) altura (cm), recipiente x sombreamento. B) altura (cm), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 41
- Figura 9:** Valores médios da variável diâmetro de colo, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) diâmetro de colo (mm), recipiente x sombreamento. B) diâmetro de colo (mm), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 43
- Figura 10:** Valores médios da variável relação H/D, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) relação H/D, recipiente x sombreamento. B) relação H/D, idade x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 44
- Figura 11:** Valores médios da variável biomassa fresca da parte aérea, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa fresca da parte aérea (g), recipiente x sombreamento, B) biomassa fresca da parte aérea (g), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 46

Figura 12: Valores médios da variável, biomassa fresca da raiz, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa fresca da raiz (g), recipiente x idade e B) biomassa fresca da raiz (g), recipiente x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 47

Figura 13: Valores médios da variável, biomassa seca da parte aérea, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa seca da parte aérea (g), recipiente x sombreamento. B) biomassa seca da parte aérea (g), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 49

Figura 14: Valores médios das variáveis, biomassa seca da raiz e biomassa seca total, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa seca da raiz (g), recipiente x sombreamento. B) biomassa seca da raiz (g), recipiente x idade. C) biomassa seca total (g), recipiente x idade. D) biomassa seca total (g), idade x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 50

Figura 15: Valores médios do índice de qualidade de Dickson (IQD), recipientes e sombreamentos obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) Índice de qualidade de Dickson (IQD), recipiente x sombreamento. B) índice de qualidade de Dickson (IQD), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do recipiente e letra maiúscula para comparação entre os recipientes. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 52

Figura 16: Valores médios do potencial de regeneração de raízes (PRR), recipientes e sombreamentos obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) número total de raízes regeneradas, recipiente x sombreamento. B) número total de raízes regeneradas, idade x sombreamento. C) número total de raízes regeneradas, recipientes. D) número total de raízes regeneradas, idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do recipiente e letra maiúscula para comparação entre os recipientes. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 53

Figura 17: Aspectos do experimento de campo de plantas de *E. contortisiliquum* no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. A) muda de *E. contortisiliquum*, B) área de implantação do experimento. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 56

Figura 18: Valores médios da altura de campo de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) recipientes. B) idade. C) sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 57

Figura 19: Ritmo de crescimento em altura das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete

288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias. 59

Figura 20: Valores médios do diâmetro do coleto, de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) diâmetro de colo (mm), recipientes. B) diâmetro de colo (mm), idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$). 60

Figura 21: Ritmo de crescimento do diâmetro de coleto das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias. 62

Figura 22: Valores médios da área de copa, de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) área de copa (m²), recipientes. B) área de copa (m²), idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. área 63

Figura 23: Ritmo de crescimento da área de copa das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias. 64

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Tratamentos utilizados na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*. 33
- Tabela 2:** Análise química e física das amostras de solo, obtidas na área de plantio das mudas de *E. contortisiliquum*, no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil. 39
- Tabela 3:** Valores médios do número total de raízes regeneradas por quadrante de mudas de *E. contortisiliquum* com 60 e 90 dias após a semeadura produzidas em diferentes recipientes e sombreamentos, 21 dias após transplante em tubos. 55
- Tabela 4:** Correlações entre o potencial de regeneração de raízes (PRR.) e parâmetros morfológicos de viveiro, de mudas de *E. contortisiliquum* produzidas com 60 e 90 dias após a semeadura. H (cm): altura, DC (mm): diâmetro de colo, BMFA (g): biomassa fresca aérea, BMSR (g): biomassa fresca da raiz, BMSA (g): biomassa seca aérea, BMSR (g): biomassa seca da raiz, H/D: relação altura e diâmetro de colo, IQD: índice de qualidade de Dickson. 56
- Tabela 5:** Correlação entre o potencial de regeneração de raízes (PRR) e os parâmetros morfológicos de campo ao longo dos cinco meses de campo das mudas de *E. contortisiliquum* (Vell.) Morong. 65

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país conhecido mundialmente pela extensão de suas florestas nativas, apresentando as mais variadas formações florestais com desempenho importante nos aspectos ambiental, social e econômico. Porém, nas últimas décadas, essas florestas vêm sofrendo pressões, com o crescimento dos centros urbanos e explorações ilegais, intensificando a fragmentação dessa vegetação e conseqüentemente, distúrbios ecossistêmicos, por exemplo, a degradação dos nossos solos, além da redução significativa de espécies florestais.

Dessa forma, a recuperação e a preservação de remanescentes florestais têm grande importância para o contexto ambiental brasileiro. Nesse contexto, uma das formas para amenizar os impactos ambientais observados nas formações nativas é a elaboração e execução de projetos de recuperação e restauração ambiental por meio de plantios de espécies florestais nativas.

Considerando este cenário de recuperação com o reflorestamento, uma das necessidades para viabilizar essa possibilidade é o conhecimento sobre as espécies florestais nativas principalmente no aspecto da produção de mudas de qualidade que possam atender ao objetivo estabelecido, seja de recuperação, seja de restauração florestal.

Entretanto, o uso de espécies nativas para recuperar ou restaurar áreas degradadas é uma tarefa complexa, pois pouco se conhece sobre a biologia e a ecologia das espécies nativas, são escassos os experimentos para a determinação de tratamentos silviculturais, bem como existe carência de insumos para esse tipo de plantas. Mas mais grave do que estes aspectos é a falta de conhecimento sobre a produção de mudas nativas, que é bem reduzido se comparado com as espécies dos gêneros mais plantados no Brasil, *Eucalyptus* e *Pinus*, que compõem mais de 90% das plantações florestais, conforme o anuário estatístico do Brasil (IBÁ, 2022). Assim, estudos relacionados com a produção de mudas de espécies nativas são essenciais, visando à dinamização dos processos de recuperação e restauração florestal com árvores nativas.

Entre as inúmeras espécies nativas que podem ser utilizadas para a recuperação e restauração, uma espécie da família Fabaceae com grande potencial é o *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong indicada para o plantio em áreas

degradadas, por ocupar rapidamente a área, sombreamento do solo e por atrair a fauna com seus frutos e sementes (CARVALHO, 2003). Porém, pouco se sabe sobre a produção de mudas de *E. contortisiliquum*.

2. OBJETIVO

A presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos de diferentes sistemas de produção envolvendo dois tipos de recipientes, dois níveis de sombreamentos e duas idades de expedição, na qualidade e no desempenho no campo de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong

É uma espécie nativa do Brasil pertence à família Fabaceae, conhecida vulgarmente como orelha-de-negro, tamborim, tamboril entre outros, que variam de acordo com a região (CARVALHO, 2003). Ocupa grupo sucessional das pioneiras ou secundárias iniciais, sendo encontrada em clareiras e áreas degradadas, é espécie com grande plasticidade ecológica, com ampla distribuição geográfica com ocorrência nas regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul no Brasil (CARVALHO, 2003). Segundo Lorenzi (1992), é uma espécie que pode atingir 20-35 m de altura e 80-160 cm de diâmetro.

Seus frutos são do tipo legume bacoide, simples, seco, indeiscente; as sementes são estenospérmicas, achatadas e oblongas, a testa é lisa, córnea, bicolor, glabra, pouco polida a opaca, variando entre marrom-escuro a preta (BARRETTO & FERREIRA, 2011), apresentam dormência tegumentar, interferindo negativamente na germinação (DE SOUZA et al., 2015). Visando à indução da germinação, é necessária a superação da dormência, e alguns tratamentos se destacam tais como a escarificação mecânica com lixa, seguida ou não de embebição em água (ALEXANDRE et al., 2009). Na escarificação química com ácido sulfúrico (DA SILVA et al., 2014), as sementes apresentam comportamento ortodoxo em relação ao armazenamento com potencial inicial germinativo de 90%.

Quanto às mudas dessa espécie, estas apresentam folhas compostas bipinadas, alternas espiraladas, pecioladas; presença de estípulas foliáceas, verde-escuras na base do pulvino, sendo este verde-escuro; folíolos com 4 a 9 pares de foliólulos, discolores; pilosos, subsésseis, filotaxia oposta dística, consistência membranácea; nervação peninérvea; bordo inteiro, com ápice acuminado e base assimétrica; pulvínulo dos foliólulos com comprimentos variados; Apresenta uma raiz pivotante, de coloração bege, tuberosa, com presença de nódulos, caule jovem cilíndrico, lenhoso, brilhoso, levemente tortuoso ou não, verde claro, com altura variando de 21,2 a 25,5 cm e diâmetro do colo de 0,33 a 0,35 cm; apresenta-se rugoso, devido à grande quantidade de lenticelas, circulares e de coloração branca; coleto com diâmetro variando de 0,36 a 0,51 cm, de coloração verde-clara, com descamação esbranquiçada e estrias verticais (BARRETTO & FERREIRA, 2011).

Essa espécie é medianamente tolerante ao frio em todas as fases de desenvolvimento, em plantios homogêneos. Em florestas naturais, árvores adultas toleram temperaturas mínimas de até -5°C (CARVALHO, 2003). Apresentam maior produção de matéria seca por unidade de água transpirada (cálculo de eficiência de transpiração) quando cultivada sob sombreamento, por níveis de sombra de 30%, pelo menos durante a fase inicial de crescimento (CARVALHO, 2003).

Essa espécie apresenta diversos usos, como o paisagismo, a marcenaria, o reflorestamento com plantios mistos, principalmente por apresentar rápido crescimento inicial (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2002), a madeira pode ser usada na fabricação de barcos e brinquedos (LORENZI, 1992), outras pesquisas apresentaram potenciais fitoquímicos e uso apícola para a espécie (MIRANDA et al., 2015; BACKE & IRGANG, 2009). As sementes dessa espécie também possuem propriedades medicinais, sendo identificado por De Paula et al. (2012), uma proteína que pode ser eficaz contra o câncer.

3.2 Qualidade das mudas florestais

No sistema de produção de mudas, o controle da qualidade é de suma para a obtenção de maiores taxas de sobrevivência e melhor desenvolvimento das mudas no campo, evitando custos com replantio, que é uma operação onerosa e dispensável em casos de baixa mortalidade de plantas no campo (GOMES & PAIVA, 2013).

Segundo Carneiro (1995), a produção de mudas de qualidade se baseia em duas premissas importantes, aumento do percentual de sobrevivência das mudas, após o plantio e redução da frequência dos tratamentos culturais de manutenção do povoamento. Vale ressaltar que o potencial genético, as condições fitossanitárias e a conformação do sistema radicular das mudas também são importantes para que se tenha uma boa produtividade dos povoamentos florestais (CARVALHO, 1992).

Um dos principais problemas encontrados pelos produtores de mudas de espécies florestais é determinar, durante a fase de viveiro, quais são as características da planta que melhor indicarão sua qualidade (GOMES & PAIVA, 2004), em que essa análise é dada de maneira intuitiva, carente de uma definição científica. É nesse sentido que se torna de grande importância o entendimento do comportamento e interação entre os parâmetros morfológicos de espécies florestais (GOMES et al., 2002).

O êxito das plantações florestais vem das mudas usadas no plantio, porém os parâmetros que avaliam a sua qualidade ainda não estão muito bem definidos e sua determinação não é operacionalmente viável na maioria dos viveiros (GOMES, 2001). Os critérios na seleção são baseados em parâmetros que, na maioria das vezes, não determinam as suas reais qualidades, uma vez que o padrão de qualidade dessas varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes sítios ecológicos, além do tipo de transporte para o campo, distribuição e plantio (CARNEIRO, 1995).

Segundo Wakeley (1954), a determinação da qualidade das mudas de espécies florestais, em condições para o plantio, baseia-se ou nos aspectos morfológicos (altura da parte aérea, diâmetro do coleto, peso de matéria seca total) ou nos fisiológicos (potencial de regeneração de raízes – PRR.). Porém, segundo Gomes (2001), tanto os parâmetros morfológicos quanto os fisiológicos apresentam vantagens e desvantagens para a avaliação do padrão de qualidade de mudas, podendo ser utilizados sozinhos ou em conjunto, dependendo do nível de qualidade que se quer ter, em razão do objetivo da produção.

Segundo Santos et al. (2000), na busca constante de melhor produtividade dos reflorestamentos, a qualidade da muda tem sido abordada em vários trabalhos de pesquisa, que têm procurado definir melhor os fatores de influência, adequando-os à produção de mudas de qualidade desejável. Nesse contexto, a tecnologia de produção de mudas se destaca, tornando-se importante conhecer os procedimentos mais adequados para a produção de mudas de alta qualidade e potencial genético, visando à sua sanidade e padrão produtivo (PINTO et al., 2016).

3.3 Parâmetros relacionados à qualidade de mudas florestais

Os parâmetros que determinam a qualidade das mudas florestais são constituídos por morfológicos e fisiológicos; os primeiros são largamente utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, pois são de mais fácil mensuração, considerando a natureza fenotípica da planta. Já os parâmetros fisiológicos consideram os mecanismos internos da planta e permitem inferência sobre a capacidade de resposta das mudas a condições distintas do ambiente em que naturalmente se desenvolvem (DIONISIO et al., 2019; ELOY et al., 2013).

Para avaliação do padrão de qualidade das mudas, as variáveis morfológicas não destrutivas têm sido extensivamente utilizadas destacando-se como principais medições, a altura da parte aérea e o diâmetro de colo possibilitando melhor compreensão por parte dos viveiristas (CARNEIRO, 1995; GOMES et al. 2002). Porém, ainda são necessárias definições mais precisas que possam responder à sobrevivência e ao crescimento inicial, em razão das adversidades que são encontradas em campo após o plantio (ELOY et al., 2013).

3.3.1 Parâmetros morfológicos

Pelas facilidades de medições e/ou visualizações, os parâmetros morfológicos têm sido os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies florestais. São eles: a altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC), biomassas frescas e secas das partes aérea, raiz e total (GOMES, 2001). Para Tsakaldimi et al. (2013), as variáveis morfológicas possibilitam predizer com eficiência a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas de essências florestais no campo.

a) Altura da parte aérea

Quanto à altura da parte aérea, esta desempenha um papel fundamental na sobrevivência e desenvolvimento nos primeiros anos de plantio (CARNEIRO, 1995). Os autores Gomes (2001) e Fonseca (2000) destacam que esse parâmetro, quando usado de forma isolada, só deve ser recomendado para seleção de mudas da mesma espécie e produzidas em condições semelhantes e, preferencialmente combinado com outros parâmetros, de forma a se obter um grau de qualidade de muda maior. Os mesmos autores ressaltam que o uso do parâmetro altura da parte aérea de forma isolada para avaliar o padrão de qualidade de mudas pode resultar em um julgamento com deficiências.

Os autores Abreu et al. (2015) e Peixinho (2015), avaliando mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, constataram maior porcentagem de sobrevivência após o plantio em campo, para as mudas com alturas superiores a 24 cm, além de apresentar uma maior taxa de crescimento nos primeiros meses. Outros estudos com espécies nativas constataram a mesma relação entre altura e desenvolvimento inicial das mudas em campo, Bonfim et al. (2009), avaliando madeira-nova (*Pterogyne nitens*

Tull), Novaes et al (2014), avaliando nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss), apresentando maior taxa de crescimento nos primeiros meses após o plantio. Não existe um valor ideal de altura da parte aérea, uma vez que esse valor varia com a idade da muda e com a espécie (DUTRA et al., 2013).

b) Diâmetro de colo

O diâmetro de colo, por sua vez, é também considerado um parâmetro de definição de qualidade (GOMES & PAIVA, 2013). Segundo Carneiro (1995), as mudas devem apresentar diâmetros do colo maiores para um melhor equilíbrio do crescimento da parte aérea, pois essa variável é fortemente correlacionada com as demais características das mudas, chegando a explicar de 70% a 80% (PARVIAINEN, 1984). Segundo Carneiro (1983), dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

Trabalhos desenvolvidos têm mostrado uma forte correlação do diâmetro de colo com a qualidade das mudas produzidas, assim como após o plantio em campo, aumentando a porcentagem de sobrevivência (LOPES, 2004). Vários outros autores como Leles et al. (2006) e Gasparin et al. (2014), trabalhando com diferentes essências florestais, constataram resultados semelhantes para com as mudas que apresentaram um maior diâmetro de colo na fase de viveiro com valores entre 5,0 e 8,0 mm, favorecendo uma maior taxa de sobrevivência e desenvolvimento inicial em campo. Segundo Gonçalves et al. (2005), esses valores de diâmetro de colo se enquadram como ideal para a produção de mudas florestais de alta qualidade, pois consideram mudas com diâmetros entre 5,0 e 10,0 mm de qualidade satisfatória.

c) Relação altura e diâmetro de colo – H/D

Segundo Carneiro (1995), essa relação exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, no viveiro, além de estimar o crescimento das mudas após plantio em campo. Os autores Sturion e Antunes (2000) destacam que essa relação, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo das mudas. É uma relação bastante aplicada nas espécies florestais pela facilidade de medição, tanto de altura da parte aérea quanto diâmetro do coleto, e por não ser um método não destrutivo (GOMES, 2001).

Carneiro (1995) afirma que uma elevada relação H/D indica um maior desenvolvimento da variável altura em detrimento do diâmetro de colo e, por conseguinte, pode resultar em morte de plantas por tombamentos no campo, quanto menor for o seu valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem na área do plantio definitivo. Ainda de acordo com mesmo autor, na produção de mudas de raiz nua de *Pinus taeda* L., é recomendada uma relação H/D inferior a 8,1 de forma a se obter mudas aptas para plantio.

Os autores Fernandes et al. (2017) e Gasparin et al. (2014), avaliando mudas de tamboril (*E. contortisiliquum*) e canjerana (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.), respectivamente, e seu desenvolvimento em campo, observaram que mudas que apresentaram uma relação H/D com valores entre 4,0 a 10,0, obtiveram um maior nível de sobrevivência e crescimento em campo.

d) Biomassa fresca e seca

A biomassa vegetal consiste em um dos principais parâmetros morfológicos de avaliação de qualidade de mudas florestais, consideram-se as biomassas fresca e seca relativas às partes aérea, raiz e total (CARNEIRO, 1995; MELO et al., 2018). A biomassa fresca é o peso do material em equilíbrio com ambiente, e a biomassa seca é peso constante do material em uma determinada temperatura (REIS, 1978).

A biomassa seca da parte aérea expressa a rusticidade das mudas, ou seja, a capacidade de suportar situações adversas, enquanto a biomassa seca das raízes pode ser um estimador da sobrevivência e do crescimento inicial das mudas no campo (CARNEIRO, 1995). O aumento da biomassa da parte aérea condiciona o desenvolvimento em diâmetro das mudas; e esse, por sua vez, permite maior índice de sobrevivência das mudas no campo, já a produção de biomassa das raízes é importante, uma vez que um adequado desenvolvimento radicial facilita a entrada de água e de nutrientes que serão aproveitados principalmente na parte aérea das plantas. (VIEIRA & DOS SANTOS WEBER, 2015). Guimarães (2023) destaca que o balanço equilibrado no investimento entre parte aérea e sistema radicular pode ser determinante para o melhor desempenho em campo.

Melo et al. (2018), Gasparin et al. (2014) e Sudrajat et al. (2019) observaram em suas pesquisas com diferentes essências florestais comportamentos semelhantes, uma relação positiva entre biomassa seca com a taxa de sobrevivência

das mudas após o plantio em campo. Gomes e Paiva (2013) corroboram afirmando que o peso da biomassa seca reflete o vigor das mudas.

e) Índice de Qualidade de Dickson - IQD

O IQD foi desenvolvido e estudado por Dickson et al. (1960), avaliando o comportamento de mudas de *Picea glauca* (Moench) Voss e *Pinus monficola* Douglas ex Lamb, em que, quanto maior for o valor desse índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Segundo Gomes (2001), é uma fórmula balanceada que inclui as relações dos parâmetros morfológicos, como a biomassa de matéria seca total (BMST), a biomassa de matéria seca da parte aérea (BMSA), a biomassa seca do sistema radicular (BMSR), a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC).

$$IQD = \frac{BMST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{BMSA}{BMSR}\right)}$$

Fonseca et al. (2002) e Azevedo et al. (2010) mostram que o índice de qualidade de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas, pois apresenta uma alta correlação com biomassa seca das mudas. Os autores Eloy et al. (2013) e Trautenmuller et al. (2017) reforçam a afirmação que o índice de qualidade de Dickson é considerado promissor por considerar as associações entre os caracteres dendrométricos e alométricos em sua fórmula matemática, pois utiliza diversos parâmetros morfológicos relevantes.

Todavia, vários estudos mostram que o IQD é um parâmetro variável, ocorrendo diferenças em razão do material genético, do manejo das mudas no viveiro e da idade em que a muda foi avaliada (GASPARIN, 2012). Segundo Oliveira (2023), há situações em que, apenas os parâmetros morfológicos avaliados, não são suficientes para inferir sobre a qualidade destas e o seu potencial de sobrevivência no campo.

Assim sendo, de acordo com Novaes (1998), outros parâmetros de natureza fisiológica, como o potencial de regeneração de raízes (PRR), devem ser considerados, devido à sua importância na predição do desempenho e sobrevivência das mudas no campo.

3.3.2 Parâmetros fisiológicos – Potencial de regeneração de raízes (PRR)

Os parâmetros fisiológicos são considerados por Carneiro (1995), de igual ou maior relevância, quando comparados aos parâmetros morfológicos, na avaliação da qualidade de mudas florestais, apesar de demandar maior operacionalidade na sua obtenção. Isso porque, segundo este autor, eles refletem de maneira mais imediata as condições do vegetal.

Entre os parâmetros fisiológicos está o Potencial de Regeneração de Raízes – PRR, reconhecido como a mais completa visão da avaliação da qualidade de mudas. Trata-se de um parâmetro fisiológico que demonstra o potencial e a capacidade de uma muda em emitir, desenvolver e possibilitar o alongamento de novas raízes em um determinado intervalo de tempo (CARNEIRO, 1995; BARROSO et al., 2000; CHAVES et al., 2006; PARVIAINEN, 1981). Geralmente alto, o PRR está associado ao maior vigor e melhor desempenho das mudas no campo após o plantio, pois aumenta a capacidade da planta em absorver água e minerais (CARNEIRO, 1995).

Para a determinação do PRR, fazem-se necessários alguns procedimentos, como poda das raízes laterais a uma distância de aproximadamente 4,0 cm do eixo da raiz principal, sendo considerado por Carneiro (1995) um procedimento importante, pois elimina possíveis deformações radiciais que poderiam prejudicar o crescimento da muda em campo, aumenta o número de raízes laterais e adapta a proporção do crescimento das partes aérea e raiz.

De acordo com Böhm (1979), o PRR pode ser determinado por meio de caixas, aquários e tubos, por intermédio da contagem do número total de extremidades de raízes novas e de seu comprimento total. Segundo Carneiro (1995), as caixas devem apresentar largura de 10,0 a 15,0 cm, apresentando fundos e paredes de madeira e um dos lados de vidro e devem ficar inclinadas em um ângulo de 25 - 30° com o lado confeccionado de vidro voltado para baixo. Já nos aquários, Carneiro (1995) relata que são utilizadas dimensões variadas, mas com capacidade volumétrica de aproximadamente 37 litros de solução hidropônica com pH em torno de 6,0. Já, para os tubos, recomenda-se que estes sejam de plásticos transparentes na forma cilíndrica, com furos na parte inferior, podendo ser utilizadas garrafas pet transparentes com volume de 2,0 litros, que, após a retirada do gargalo, tomam a forma de tubos de 25,0 cm de altura e 31,0 cm de circunferência.

Chaves et al., (2006), avaliando o PRR em mudas de angico-vermelho por meio de aquários, verificaram que as mudas com maior média de regeneração de novas raízes terão maior probabilidade de sobrevivência no campo, após o plantio. Bonfim (2007) usou aquários e tubos para avaliar o PRR de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tull), reportando ser este um parâmetro fisiológico de alta confiabilidade na qualificação de mudas e previsão do seu desempenho no campo. Outros autores Novaes et al., (2014) e Pinto et al., (2017), avaliando o PRR em tubos com espécies de nim-indiano (*Azadirachta indica* A.Juss) e sibipiruna (*Cenostigma pluviosum* (DC.) Gagnon & G.P.Lewis), respectivamente, trouxe resultados positivos para a correlação entre o potencial de regeneração de raiz e o desempenho em campo após o plantio.

3.4 Recipientes utilizados na produção de mudas florestais

A produção de mudas em recipientes é o sistema mais utilizado, principalmente por permitir uma melhor qualidade, devido ao melhor controle da nutrição e proteção das raízes contra os danos mecânicos e a desidratação, além de propiciar um manejo mais adequado, tanto no viveiro quanto no transporte, na distribuição e no plantio (TINUS & McDONALD, 1979; GOMES, 2001). Segundo Carneiro (1987), o tipo de recipiente e suas dimensões exercem influência sobre a qualidade e os custos de produção de mudas de espécies florestais.

Segundo Alfenas et al. (2009), muitos são os tipos de recipientes encontrados no mercado e, nas últimas décadas, houve uma evolução tecnológica nos sistemas de produção de mudas florestais, com ênfase na praticidade e melhoria da qualidade dos povoamentos florestais. Muitos trabalhos de pesquisas com novas embalagens para a produção de mudas de espécies florestais têm sido muito dinâmicos, porém, sempre buscando o princípio de que o sistema radicial deve apresentar boa arquitetura, e que, na ocasião do plantio, sofra o mínimo de distúrbios, permitindo que a muda seja plantada com um torrão sólido e bem agregado ao sistema radicial, favorecendo a sobrevivência e o crescimento inicial no campo (BONFIM, 2007).

Os recipientes mais utilizados são os sacos plásticos de polietileno e tubetes de polipropileno reutilizáveis, disponíveis no mercado em diversos tamanhos. Além destes, atualmente também se encontram no mercado recipientes biodegradáveis

como tubetes e vasos confeccionados com fibras celulósicas recicladas de embalagens (OLIVEIRA, 2016).

a) Saco plástico

Constitui-se em uma sacola de polietileno de dimensões variadas podendo ser utilizado na produção de mudas. Seu uso começou a ser difundido desde o momento em que a demanda de madeira teve um aumento considerável (GOMES, 2001). Nos dias de hoje ainda é amplamente utilizado, principalmente em viveiros menores, devido ao preço e disponibilidade, e não necessitam de mão de obra especializada, tendo como principais desvantagens o enovelamento do sistema radicular, a utilização de grandes áreas no viveiro, o alto custo de transporte do viveiro para o campo, sendo assim usado mais por pequenos produtores (GOMES, 2001; HAHN et al., 2006).

Nos plantios em áreas degradadas, de uma forma geral, têm-se preferido mudas produzidas em sacos de plástico, de grande volume, às produzidas em tubetes, alegando-se para tal as maiores dimensões das mudas produzidas nestes recipientes, o que acarretaria maior sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (ANTONIAZZI et al., 2013).

Autores como Júnior Farias et al. (2007) e De Castro Pias et al. (2015), avaliando a produção de mudas de *Parkinsonia aculeata* L. e *Cedrela fissilis* Vell., respectivamente, em sistema de produção tubete e sacos plásticos, constataram um melhor desempenho nos parâmetros morfológicos avaliados para as mudas de produzidas em sacos plásticos, atrelando esses resultados ao maior volume de substrato disponibilizado pelo recipiente.

Contudo, atualmente, as sacolas plásticas estão sendo quase que totalmente substituídas pelos tubetes, principalmente nas grandes empresas reflorestadoras, devido a uma série de vantagens destes, como melhor operacionalidade, menos deformações radiciais (GOMES, 2001). Assim, a tendência será a substituição dos sacos plásticos pelos tubetes de plástico rígido, por apresentarem características essenciais, minimizando os problemas, principalmente no que se refere ao enovelamento do sistema radicular (CARNEIRO, 1995).

b) Tubetes

Estes recipientes apresentam forma cônica, de seção circular ou quadrática, existindo várias dimensões no mercado, mas todos os de seção circular são providos de frisos longitudinais internos, em número de 4 ou 6 (CARNEIRO, 1995), direcionando as raízes laterais para baixo, ao fundo do recipiente, evitando enovelamento, onde existe um orifício para o escoamento do excesso de água e saída de raízes, promovendo sua poda naturalmente pelo contato com o ar, além de permitir uma fácil automatização das operações (GOMES, 2001).

Os tubetes apresentam ainda as seguintes vantagens: uso em qualquer condição climática, inclusive em casa de vegetação; redução da utilização de tratores com carreta e de caminhões na área do viveiro; redução do número de instalações para armazenamento de insumos; economia no transporte das mudas para o campo e maior rendimento na distribuição e no plantio (FAGUNDES & FIALHO, 1987).

Por sua vez, o menor volume de substrato, associado ao pequeno porte destes recipientes, geralmente acarreta maior necessidade de replantio e de irrigação em campo (JOSÉ et al. 2005). Uma vez que as condições de campo geralmente limitam o estabelecimento das plantas, Puértolas et al. (2012) destacaram que a sobrevivência de espécies em ambiente árido está associada ao tamanho das mudas quando transplantadas havendo mais tarde, maior influência do ambiente sobre o crescimento dos indivíduos.

De acordo com Fanola (2020), trabalhando com dois tipos de recipientes, tubete, peper-pot e três idades na produção de clone de eucaliptos por estaqueamento, observou um melhor desempenho em altura e diâmetro de colo para mudas produzidas em tubetes. Autores Massad et al., (2023); Magistrali et al., (2022) em suas pesquisas com *Canafístula* (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur.), respectivamente, chegaram a resultados que corroboram onde mudas produzidas em tubetes 280cm³ alcançaram melhores parâmetros morfológicos por proporcionar maior volume de substrato.

3.4 Sombreamento na produção de mudas florestais

A luminosidade é determinante no crescimento inicial de mudas, visto que influencia diversos processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração e,

consequentemente, o acúmulo de carbono orgânico em sua biomassa (DE CARVALHO et al., 2021).

A taxa de luminosidade adequada para plantas varia de acordo com o grupo ecofisiológico pertencente. Esses grupos se dividem em espécies pioneiras, que têm alta tolerância à luz e intolerantes à sombra. As secundárias iniciais são plantas lucíferas e aceitam somente o sombreamento parcial; as secundárias tardias que se desenvolvem exclusivamente em sub-bosque, em áreas permanentemente sombreadas, crescem e completam seu ciclo à sombra, e as espécies clímax que se regeneram e se desenvolvem em plena sombra (ALMEIDA, 2016).

Segundo Caron et al. (2010), o sombreamento artificial é uma técnica utilizada com propósito de controlar os fatores ambientais, em especial a luminosidade e a temperatura do ambiente. Ainda segundo esses autores, é grande a diversidade de respostas das plantas à luminosidade, principalmente no que se refere ao crescimento e desenvolvimento vegetativo da parte aérea.

Quanto maior o período de sombreamento, menor é o crescimento do sistema de raízes e menor o diâmetro do colo das mudas *Trema micranta* (L.) Blume e jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze), também o aumento do período de sombreamento aumentou a altura e a área foliar, desequilibrando, assim, a partição de assimilados em favor da parte aérea da muda, com a parte aérea maior há maior perda de água e, sem um sistema radicular adequado, a sobrevivência das mudas após o plantio fica dificultada (FONSECA et al., 2002; REGO & POSSAMAI, 2006).

Em estudo sobre o efeito do período de sombreamento sobre o padrão de qualidade de mudas crindiúva, (*Trema micranthum* (L.) Blume) determinaram as combinações mais adequadas de tempo de permanência das mudas nas condições de viveiro sombreado, e o tempo de exposição ao pleno sol leva as mudas a atingirem índices de qualidade adequados; demonstraram que o sistema de raízes foi a parte da planta que sofreu a maior influência do tempo de sombreamento (FONSECA et al., 2002).

Azevedo et al. (2015), trabalhando com diferentes níveis de sombreamento com *Azadirachta indica*, observaram que maiores níveis de sombreamento proporcionaram maior incremento da parte aérea causando um desequilíbrio. Isso foi observado por Viana et al., (2022), Vasconcelos Soares et al., (2022) durante o desenvolvimento de mudas de três espécies do gênero *Copernicia* e *Euterpe oleracea*

Mart., respectivamente, nos estudos, percebeu-se uma correlação positiva entre altura e níveis de sombreamento em que, à medida que aumentavam os níveis de sombreamento, ocorria um maior incremento em altura nas mudas.

3.5 Idade de expedição de mudas florestais

A definição do ciclo de produção de mudas florestais é necessária para um bom planejamento dos gastos com no viveiro em relação à sua manutenção, mão de obra, irrigação, adubação e quando será realizado o plantio, ou seja, se as mudas estarão prontas no período ideal para o plantio em campo (FREITAS et al., 2022).

A idade de expedição é um fator de alta relevância para o sucesso de um plantio florestal, em que mudas velhas têm sido um dos maiores problemas para o estabelecimento e o arranque inicial dos plantios florestais. Isso porque, a partir de certa idade no viveiro, as mudas reduzem o seu crescimento vegetativo e tendem a enovelar o sistema radicular em virtude da restrição imposta pelo recipiente (MAFIA et al., 2005; ALFENAS et al., 2004).

A produção de mudas de *Araucaria angustifolia* e a sua idade de expedição dependem do volume e dos recipientes em que mudas produzidas em tubetes de 50 cm³ podem permanecer até a idade de 120 dias, enquanto mudas produzidas em tubetes de 200 cm³ até 150 dias (SCHORN et al., 2019). Este tempo de formação das mudas ainda é pouco estudado, principalmente em se tratando de espécies nativas, visto que, na maioria das vezes, é baseada em características morfométricas, suposições ou até mesmo adaptação de outras espécies que, em sua maioria, são espécies do gênero *Eucalyptus* (ATAÍDE et al., 2019; GONZAGA et al., 2018).

Dessa forma, a recomendação da melhor época de expedição pode ser baseada em padrões e tendências observadas em cada espécie, assim como modificações fisiológicas ou até mesmo bioquímicas, minimizando o risco de perdas e gastos desnecessários e maximizando a sobrevivência e rápido estabelecimento das mudas a campo (ROCHA, 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização dos experimentos

A pesquisa foi conduzida na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em Vitória da Conquista – BA (Figura 1), em três etapas: a primeira consistiu na produção das mudas no viveiro e avaliação dos parâmetros morfológicos, no Laboratório de Silvicultura. A segunda etapa se tratou da avaliação do parâmetro fisiológico, potencial de regeneração de raízes (PRR) em casa de vegetação. A terceira etapa constou do plantio e avaliação das mudas no campo agropecuário na área experimental da UESB.

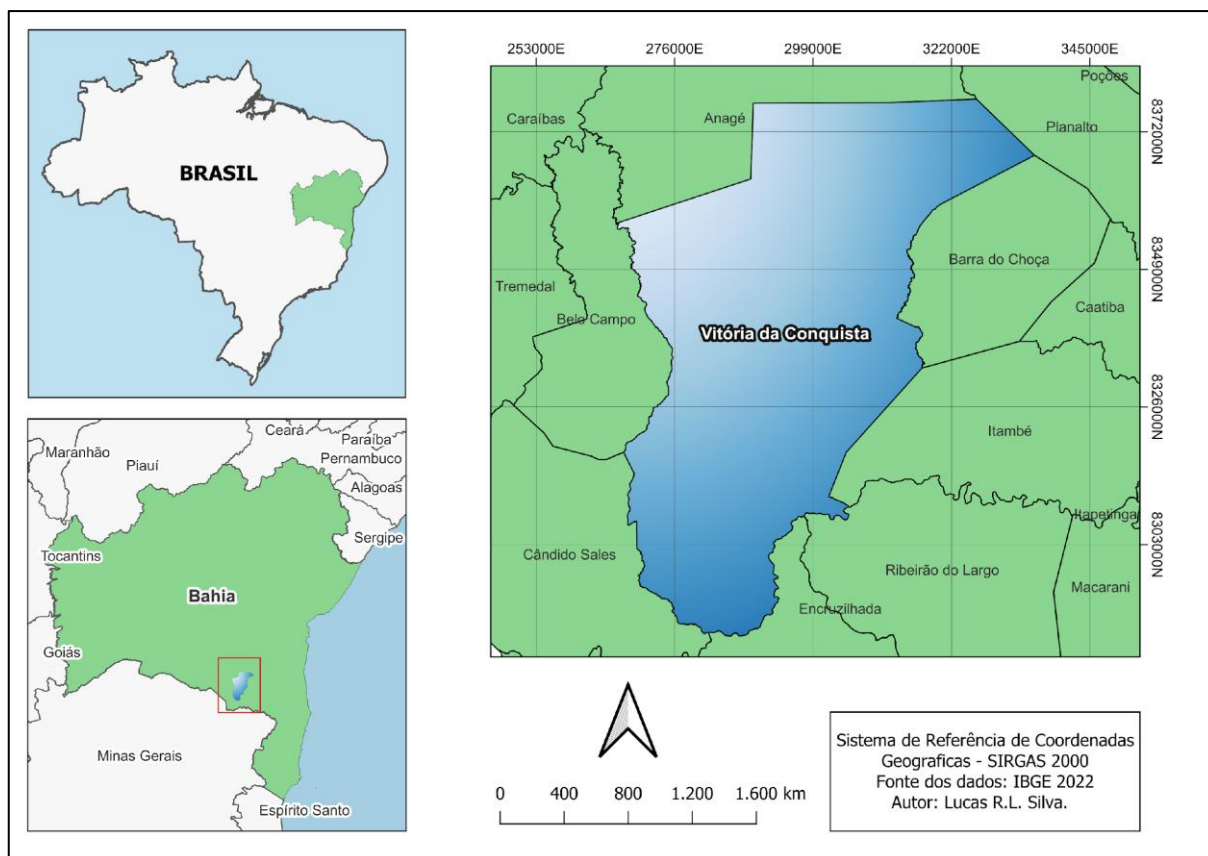


Figura 1: Localização da área de estudo em Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

O clima predominante da região é classificado como Cfa, subtropical, com temperatura média anual de 21 °C e precipitação média anual variando de 700 a 1100 mm. A vegetação é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual Montana (denominada regionalmente de Mata de Cipó), ocorrendo entre os biomas Mata

Atlântica e Caatinga (NOVAES et al., 2008). Ainda segundo estes autores, o relevo é considerado plano a fortemente ondulado. O solo da área estudada foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Álico.

Para a produção das mudas, foram utilizadas sementes extraídas de frutos coletados de árvores matrizes localizada no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia em Vitória da Conquista – BA. Após sua extração, as sementes, foram submetidas ao processo de superação da dormência via escarificação mecânica, por meio de uma lixa utilizada no local oposto ao hilo.

4.2 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Para a produção das mudas, o experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial triplo 3 x 2 x 2, com três recipientes, sendo dois volumes de sacos plásticos (700 cm³, 400 cm³) e o modelo de tubete com capacidade volumétrica para 288 cm³; dois níveis de sombreamento (0%, 50%); e duas idades de expedição (60 e 90 dias). O experimento constou de 12 tratamentos (Tabela 1), com quatro repetições, perfazendo 48 parcelas com 30 mudas em cada uma, totalizando 1.440 mudas em todo o experimento.

Tabela 1: Tratamentos utilizados na produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*.

Tratamentos	Recipientes	Sombreamento (%)	Idade (dias)
T1	Sacos plásticos (400 cm ³)	0	60
T2	Sacos plásticos (400 cm ³)	0	90
T3	Sacos plásticos (400 cm ³)	50	60
T4	Sacos plásticos (400 cm ³)	50	90
T5	Sacos plásticos (700 cm ³)	0	60
T6	Sacos plásticos (700 cm ³)	0	90
T7	Sacos plásticos (700 cm ³)	50	60
T8	Sacos plásticos (700 cm ³)	50	90
T9	Tubetes (288 cm ³)	0	60
T10	Tubetes (288 cm ³)	0	90
T11	Tubetes (288 cm ³)	50	60
T12	Tubetes (288 cm ³)	50	90

Para a etapa de avaliação do potencial de regeneração de raízes (PRR), foram considerados os 12 tratamentos utilizados na fase de viveiro, com seis repetições e uma muda por repetição em cada tubo, considerada como uma unidade experimental, totalizando 72 mudas no experimento. Já, na etapa de campo, foram adotados os mesmos tratamentos da fase de viveiro com um delineamento em blocos casualizados (DBC). Foram usados três blocos, cada bloco com uma parcela de cada tratamento, e cada parcela composta com três plantas, totalizando 36 parcelas e 108 plantas.

Todos os dados obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para a normalidade e de Bartlett, para homogeneidade entre as variâncias. As variáveis que não apresentaram normalidade tiveram seus dados transformados pelo método de raiz cúbica, para então, realizar-se a análise de variância.

Considerando a análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Os coeficientes da correlação de Pearson foram calculados com base nas médias dos tratamentos avaliados entre todas as variáveis, as análises ocorreram com o auxílio do programa R, na versão 4.3.3.

4.3 Produção das mudas

4.3.1 Recipientes e substratos utilizados

Para a produção das mudas, foram utilizados dois volumes de sacos plásticos com dimensões de 11,0 x 23,0 cm e 10,0 x 18,0 cm com volumes de 700 cm³ e 400 cm³, respectivamente, e tubetes com capacidade volumétrica para 288 cm³ de modelo cônico, com paredes rígidas, nas dimensões de 18,5 cm de altura, 5,0 cm de diâmetro na parte interna superior e 1,5 cm de diâmetro na parte interna inferior, contendo oito saliências internas (Figura 2). Quanto ao substrato utilizado, este foi composto de terra de subsolo (60%) e esterco bovino curtido (40%) em uma mistura homogênea para os dois volumes de sacos plásticos, acrescidos de 300 g de calcário/m³ de substrato. Para a adubação de base foi utilizado 120 g/m³ de ureia, 750 g/m³ superfosfato simples e 130 g/m³ de cloreto de potássio.

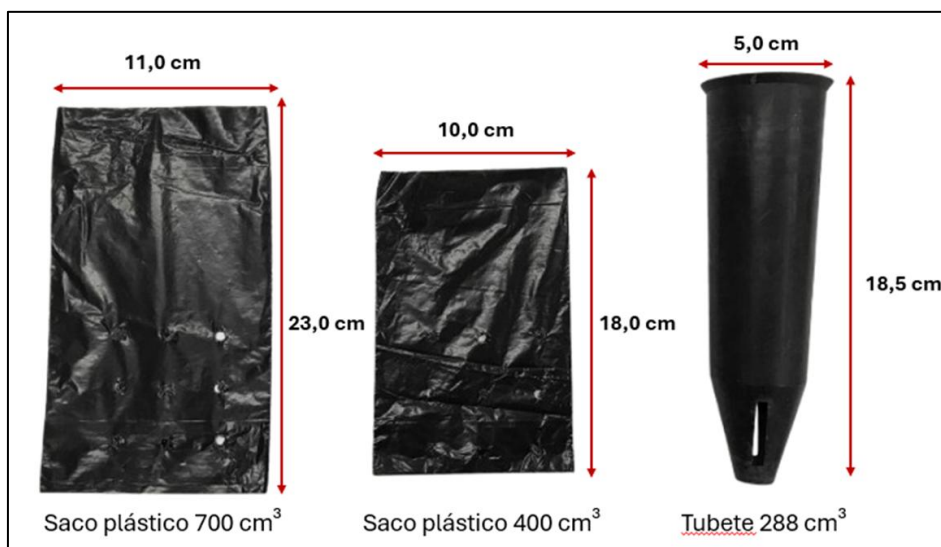


Figura 2: Recipientes utilizados na produção das mudas de *E. contortisiliquum*, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

Nos recipientes tipo tubetes, foi utilizado o substrato comercial Vivatto Plus, à base de casca de pinus, vermiculita, moinha de carvão vegetal. A adubação consistiu no uso do fertilizante de liberação controlada (osmocote 14-14-14) na proporção de 8,0 g/L de substrato.

4.3.2 Instalação do experimento em viveiro

O experimento foi instalado no Viveiro Florestal da UESB e constou de duas fases, conforme as duas idades estabelecidas, sendo a primeira com as mudas de 90 dias e após um mês, com as mudas de 60 dias. Quanto aos níveis de sombreamentos, as mudas foram produzidas em canteiros sob tela de sombrite de 50% no viveiro e a pleno sol (Figura 3). Os recipientes foram preenchidos manualmente e, em seguida, encanteirados no viveiro previamente preparado.

Os sacos plásticos preenchidos com os respectivos substratos acrescidos do fertilizante NPK foram colocados diretamente no solo em uma área do viveiro. Com o auxílio de um cano cortado, os sacos plásticos foram preenchidos, assegurando uma boa acomodação do substrato nos recipientes. Os tubetes foram preenchidos com substrato umedecido acrescido do osmocote, despejado nas bandejas composta por 54 células com o uso de uma pá.

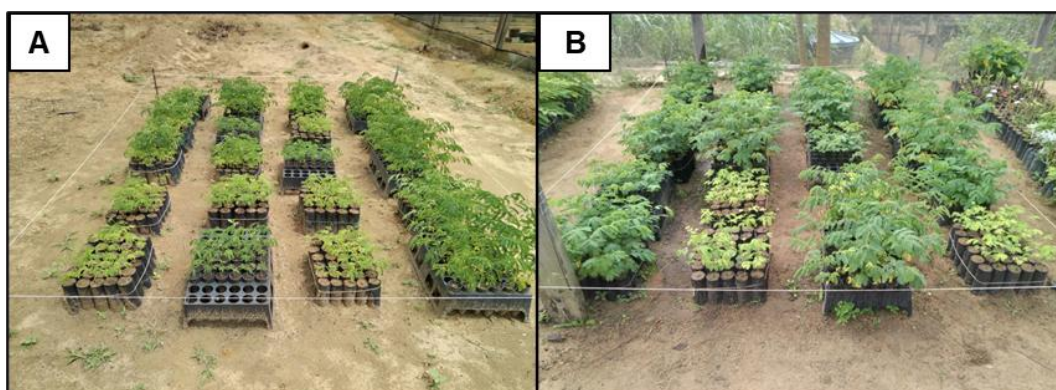


Figura 3: Mudanças de *E. contortisiliquum* produzidas no viveiro. A) mudas produzidas a pleno sol; B) mudas produzidas com 50% de sombreamento. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

Foram utilizadas duas sementes em cada recipiente a uma profundidade aproximada de 1,0 cm. Após a semeadura, foi aplicada uma camada de cobertura morta visando à manutenção da umidade sobre a semente. A irrigação foi efetuada de forma manual duas vezes ao dia, uma pela manhã e a outra no final da tarde. Quando as mudas atingiram aproximadamente 5,0 cm de altura, foi efetuada a operação de raleamento, deixando a plântula mais vigorosa e mais centralizada em cada recipiente.

4.4 Avaliação dos parâmetros morfológicos

Aos 60 e 90 dias após a semeadura, foram retiradas de forma aleatória 10 mudas de cada repetição e, em seguida, ainda no viveiro, cada muda foi submetida a uma lavagem cuidadosa do seu sistema radicular, eliminando todos os resíduos de substrato aderidos às raízes. Posteriormente, as mudas foram levadas ao Laboratório de Silvicultura e acondicionadas sobre folhas de papel absorvente sobre uma bancada por um período de 12 horas, visando à eliminação da água superficial.

Após esse período, foram efetuadas as mensurações da altura da parte aérea (cm) e diâmetro de colo (mm), utilizando-se régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. Em seguida, houve a separação entre as partes aérea e raízes, na altura do colo, com auxílio de uma tesoura. Após esses procedimentos, foram determinadas as biomassas frescas em uma balança de precisão.

Em seguida, visando à determinação da biomassa seca, cada parte do material vegetal, raízes e parte aérea foram colocadas em sacos de papel devidamente identificadas e encaminhadas à estufa de ar forçado à 65°C para a secagem, onde

permaneceram por um período de 72 horas até atingirem peso seco constante para realização da biomassa seca (Figura 4).



Figura 4: Processo de avaliação dos parâmetros morfológicos. A) mudas dispostas sobre folhas de papel absorvente em bancada do Laboratório de Silvicultura da UESB, visando ao escoamento da água superficial; B) mensuração da altura da parte aérea; C) determinação da biomassa fresca da parte aérea; e D) determinação da biomassa fresca de raízes.

A avaliação dos parâmetros morfológicos consistiu em: a) altura da parte aérea – H; b) diâmetro do colo – DC; c) biomassa fresca da parte aérea – BFPA; d) biomassa fresca da raiz – BFR; e) Biomassa fresca total; f) Biomassa seca da parte aérea – BSPA; g) biomassa seca da raiz – BSR; h) i) biomassa seca total – BST; j) relação H/D; e l), índice de qualidade de Dickson (IQD). O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado pela fórmula $BST / ((H/D) + (BSPA / BSR))$ (Dickson et al., 1960).

4.5 Instalação e determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)

Para a avaliação dessa variável, conforme metodologia adotada por Novaes et al. (2002), foram retiradas do viveiro, de forma aleatória, seis mudas de cada tratamento. Separadas, de forma cuidadosa, as raízes foram lavadas para a retirada do substrato, para que, em seguida, fosse efetuada uma poda das raízes laterais a uma distância aproximada de 3,0 a 4,0 cm da raiz pivotante, e também da raiz pivotante, a uma distância de aproximadamente 10 cm do colo (Figura 5 A-B).



Figura 5: Experimento instalado visando à avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes das mudas de *E. contortisiliquum*. A) poda radicial realizada nas mudas; B) tratamentos para avaliação do potencial de regeneração das raízes – PRR; C) avaliação da quantidade de raízes regeneradas.

Para a instalação desse experimento, foram utilizadas garrafas PET transparentes. Depois de cortadas, estas tomaram o formato cilíndrico e passaram a ser denominadas de rizotrons, conforme Carneiro (1995), apresentando as dimensões de 25,0 cm de altura e 10,0 cm de diâmetro, com capacidade volumétrica de 2,0 litros.

Estes recipientes foram preparados efetuando cinco furos na parte inferior. Para facilitar a drenagem, nas paredes externas, foram feitas ranhuras verticais, delimitando quatro quadrantes semelhantes, denominados de A, B, C e D, visando à avaliação da distribuição espacial das raízes recém-regeneradas.

Em seguida, os rizotrons foram preenchidos com o substrato comercial da marca Bioplant de coloração escura para facilitar o contraste das raízes brancas com o substrato. Após o preparo das mudas com a poda das raízes, estas foram transplantadas, e os recipientes foram cobertos com lona plástica de cor preta para a proteção contra a incidência de luz. Imediatamente após esta operação foram efetuadas regas intensas diariamente e de forma homogênea em todo o experimento.

A avaliação do PRR foi efetuada em dias alternados até que as primeiras raízes regeneradas atingissem a parte inferior dos recipientes. A avaliação constou da contagem do número de extremidades de raízes novas visíveis nas paredes transparentes dos tubos em cada quadrante. Foram avaliadas as variáveis: a) número total de raízes novas regeneradas; b) distribuição espacial de raízes; e c) distribuição vertical de raízes (Figura 5 C).

4.6 Etapa de campo e avaliação do desempenho das plantas

Antes da instalação do experimento de campo, foram coletadas amostras de solo visando às análises química e física nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm do solo (Tabela 2). Após a limpeza do terreno, o solo foi preparado a partir da abertura de covas com as dimensões de 40,0 cm de profundidade x 40,0 cm de diâmetro, adotando-se o espaçamento de 3,0 x 3,0 metros. Quanto à adubação, foram utilizados 200 g/cova do fertilizante superfosfato simples, como adubação de plantio (Figura 6).

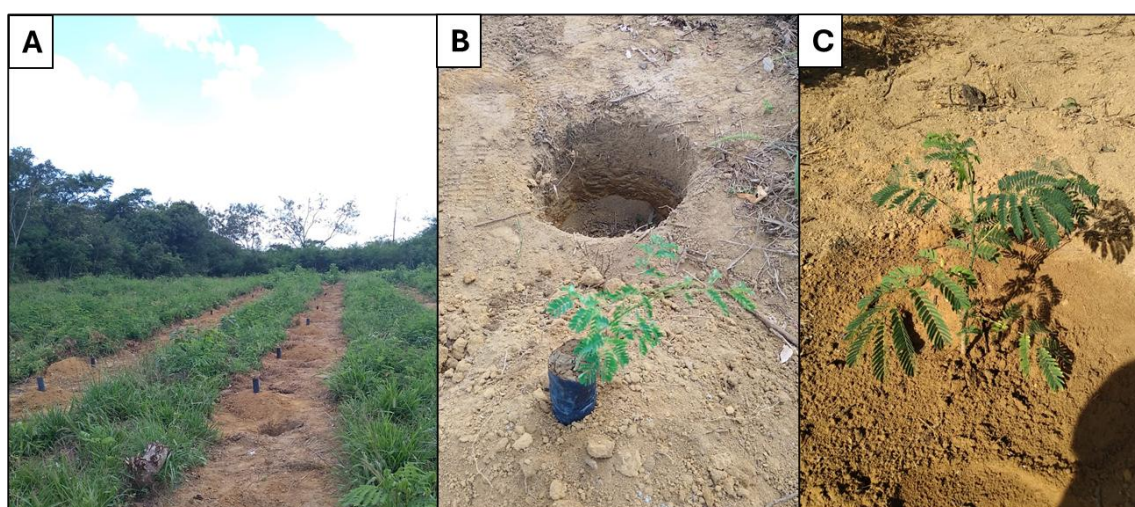


Figura 6: Preparo do solo para o plantio das mudas de *E. contortisiliquum*. A) área de plantio das mudas; B) abertura das covas; C) plantio das mudas, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

Tabela 2: Análise química e física das amostras de solo, obtidas na área de plantio das mudas de *E. contortisiliquum*, no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	S.B.	t	T	V	m
H ₂ O	mg.dm ⁻³										
			-----cmol.dm ⁻³ -----								
5,2	3	0,26	0,9	0,6	0,3	2,8	1,8	2,1	4,9	36	15
	Terra fina	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classe Textural					
	< 2 mm	2-0,20 mm	0,20-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm						
	-----g kg-----										
	100	585	155	50	210	Franco Argilo Arenosa					

S.B = soma de bases trocáveis; t = CTC a pH 7,0; V = saturação de bases; m = saturação por alumínio. Fonte Laboratório de Solos, UESB (2023).

O plantio foi efetuado manualmente, aplicando-se 800 ml/cova da solução de hidrogel na proporção de 1,0 kg do produto/250 litros de água. Antes e durante a

condução do experimento foi realizado o controle de formigas, com iscas granuladas, e realizado os tratos culturais, limpeza entre linhas do plantio. Foi ainda realizada uma adubação de cobertura com o formulado NPK (20-00-18) + micronutrientes, após 60 dias do plantio.

Foram avaliados os seguintes parâmetros morfológicos de campo: a) altura da parte aérea (cm); b) diâmetro do coleto (mm); e c) área de copa – (m²). Este último foi obtido a partir de duas medidas transversais, conforme a Figura 7, aplicando uma fórmula da Equação 1 para cálculo da área de copa. As avaliações foram efetuadas no intervalo de trinta dias até os cinco meses de idade, utilizando-se fita graduada e paquímetro digital. A porcentagem de sobrevivência também foi avaliada durante todo o período dos cinco meses.

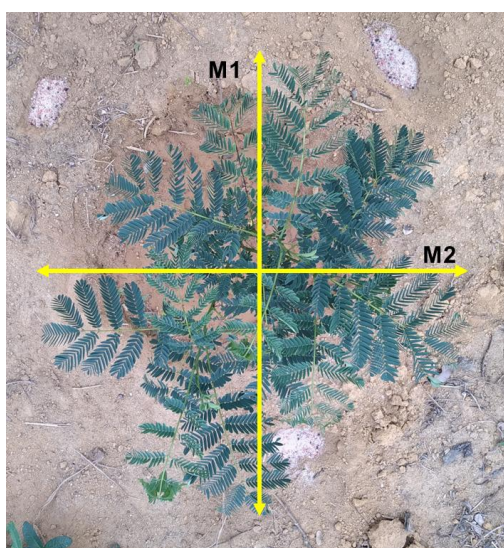


Figura 7: Mensuração da área de copa das mudas de *E. contortisiliquum*, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

$$\text{Copa (m}^2\text{)} = \left(\left(\frac{\text{média (M1,M2)}}{2} \right)^2 * \pi \right) / 10000 \dots\dots\dots \text{Equação 1}$$

Sendo: M1 = medida transversal 1;

M2 = medida transversal 2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros morfológicos

5.1.1 Altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D

Constatou-se interação significativa ($p < 0,05$) entre os três fatores (recipientes, sombreamento e idade) para as variáveis morfológicas altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC) e relação (H/D). As análises de variância e o desdobramento da interação tripla constam no Apêndice A nas Tabelas 1, 2, 3 e no Apêndice C nas tabelas 1, 2 e 3.

No presente estudo foram consideradas as interações duplas significativas entre recipientes x sombreamento, recipientes x idade e sombreamento x idade. Os dados obtidos para altura da parte aérea constam na Figura 8 (A, B), em que as mudas produzidas com 50% de sombreamento apresentaram as maiores médias, exceto para o sistema de produção em sacos plásticos com 400 cm³. Mudas produzidas em ambientes com maior taxa de sombreamento tendem a desenvolver mais a parte aérea como resposta, com objetivo de atingir alturas maiores em busca de maior disponibilidade de radiação solar.

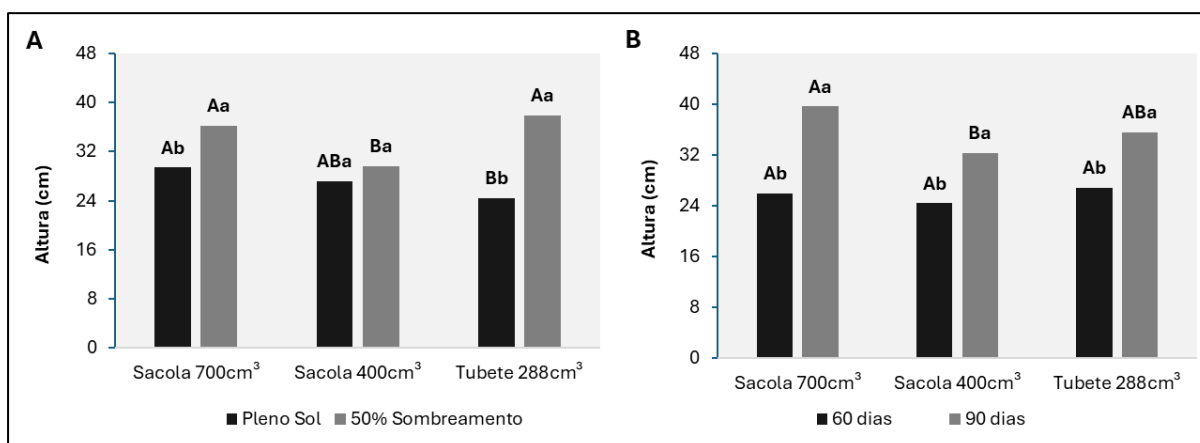


Figura 8: Valores médios da variável altura da parte aérea, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) altura (cm), recipiente x sombreamento. B) altura (cm), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

No entanto não houve diferença entre as mudas produzidas a pleno sol, submetidas a 50% de sombreamento no sistema de produção em sacos plásticos de 400 cm³. Esse resultado pode estar relacionado com possíveis deformações radiciais causadas pelos sacos plásticos, afetando o desenvolvimento das mudas. Dos Santos et al. (2019), trabalhando com produção de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, sob diferentes níveis de sombreamento, constatou resultados que corroboram a presente pesquisa, em que as maiores médias de altura (30,15 cm) foram obtidas em ambientes com maior taxa de sombreamento. Esse comportamento, provavelmente, está relacionado ao fato de ser esta uma espécie pioneira, com maior necessidade de luminosidade para o seu desenvolvimento. O mesmo pode ser observado em matas primárias, em que plântulas de *Enterolobium contortisiliquum* desenvolvem maior altura da parte aérea com alto sombreamento (LORENZI, 2009).

Autores como Melo et al. (2022), Magistrali et al. (2022), Butzke et al. (2018) trabalhando com *Dipteryx alata* Vog., *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl. e *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, respectivamente, obtiveram resultados semelhantes, com maiores alturas em ambientes com maior taxa de sombreamento. Essa resposta ao sombreamento é conhecida como “resposta de evitação de sombra”, em que o fotorreceptor fitocromo, responsável por identificar essa mudança de sombreamento, regula o crescimento da planta alongando seu caule (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Ainda sobre a variável altura da parte aérea, na interação recipiente x idade, as mudas produzidas com 60 dias não obtiveram diferenças estatísticas entre os recipientes. Já avaliando mudas com 90 dias, estas apresentaram diferença estatística, com maiores médias em relação às produzidas com 60 dias dentro do fator recipiente. Essa diferença está relacionada a uma maior permanência no viveiro em condições mais favoráveis para o seu desenvolvimento, proporcionando um maior crescimento da sua altura. Schorn et al. (2019), avaliando mudas de *Araucaria angustifolia*, (Bertoloni) Otto Kuntze, em diferentes recipientes e idades de expedição, observaram um comportamento semelhante, com maior crescimento da parte aérea para as mudas com maior tempo de viveiro.

Quanto à variável diâmetro de colo, conforme a Figura 9 (A, B), houve diferença estatística, em que as mudas produzidas em pleno sol obtiveram as maiores médias em relação às produzidas com 50% de sombreamento entre os recipientes sacos

plásticos com 700 e 400 cm³, exceto para tubetes de 288 cm³, sem diferença estatística. Reis et al. (2016) observaram decréscimo do DC com o aumento dos níveis de sombreamento em mudas de *Copaifera langsdorffii*, utilizando os tratamentos a pleno sol, 30, 50, 70 e 90%. A produção de mudas a pleno sol favorece o desenvolvimento do diâmetro de colo, podendo ocorrer pela alta disponibilidade de luz, em que se tem relação com um maior desenvolvimento do sistema radicial. Diferentemente das mudas produzidas em sombreamento em que essa relação de crescimento é invertido, maior desenvolvimento da altura e menor diâmetro de colo (TAIZ & ZEIGER, 2013).

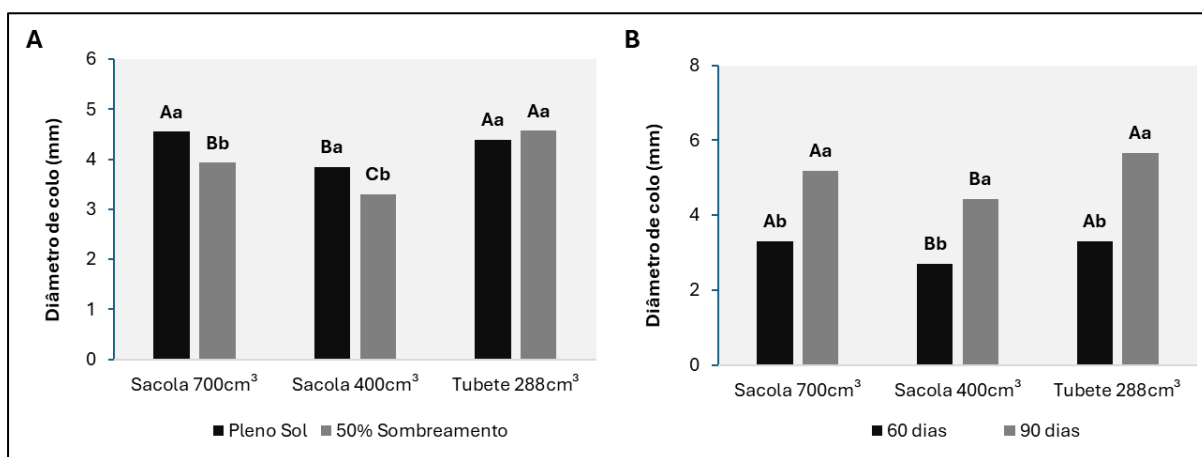


Figura 9: Valores médios da variável diâmetro de colo, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) diâmetro de colo (mm), recipiente x sombreamento. B) diâmetro de colo (mm), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na interação recipiente x idade, as mudas produzidas com 90 dias apresentaram maiores médias em todos os recipientes em comparação com as mudas de 60 dias. Essa superioridade está relacionada com maior tempo de formação das mudas, permitindo uma maior taxa de assimilação dos fotoassimilados, aumentando o incremento para essa variável. Já os recipientes sacos plásticos com 400 cm³ apresentaram as menores médias em comparação com sacos plásticos com 700 cm³ e tubetes com 288 cm³ em mudas produzidas com 60 e 90 dias. Esse comportamento pode estar relacionado com o recipiente utilizado saco plástico, em que são comuns deformações no sistema radicial, principalmente pelas suas dimensões menores.

Em estudos realizados por Engel e Poggiani (1990), estes observaram o comportamento de mudas de espécies nativas sob diferentes níveis de sombreamento e constataram que espécies como *Amburana cearensis* e *Zeyhera tuberculosa* apresentaram um crescimento exponencial do diâmetro de colo quando produzidas a pleno sol.

Na relação H/D, foram consideradas as interações duplas entre recipientes x sombreamentos e sombreamentos x idades constantes na Figura 10 (A, B). As mudas produzidas com 50% de sombreamento apresentaram maiores médias em relação às produzidas a pleno sol nos recipientes testados, porém não houve diferença estatística entre os recipientes nos níveis de sombreamentos. Os resultados mostram a grande influência do sombreamento na relação H/D, independentemente do sistema de produção utilizado, em que mudas produzidas com sombreamento apresentaram um crescimento maior da parte aérea em detrimento do diâmetro de colo, levando um desequilíbrio na muda.

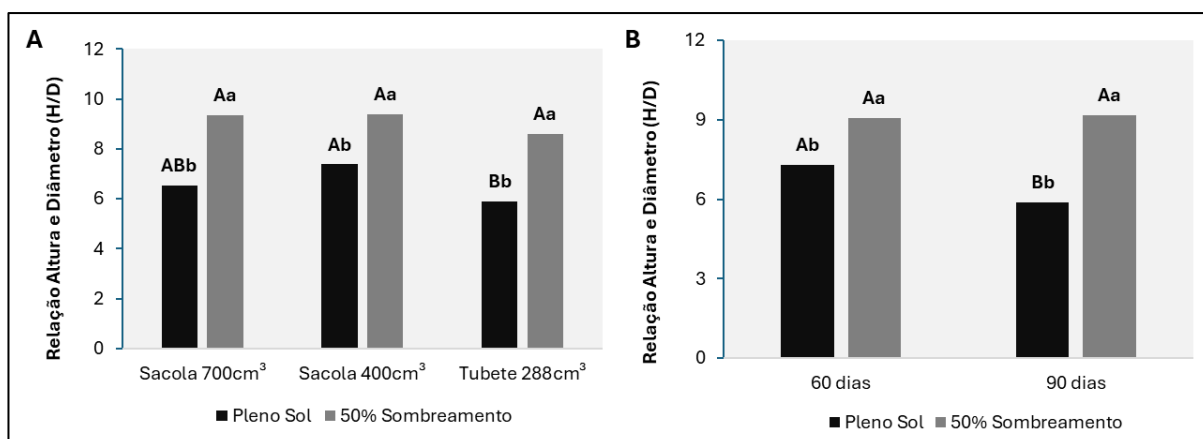


Figura 10: Valores médios da variável relação H/D, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a sementeira. A) relação H/D, recipiente x sombreamento. B) relação H/D, idade x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Aguiar et al. (2011), estudando mudas de *Caesalpinia echinata* Lam, e Câmara e Endres (2008) com *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Sterculia foetida*, observaram maiores valores nesta relação em ambientes sombreados, quando comparados com o tratamento a pleno sol. José et al. (2009) consideram que mudas de espécies florestais de alta qualidade devem apresentar relação H/D menor que 10, o que se observa no presente trabalho.

Na Figura 10 (B), as mudas produzidas a pleno sol apresentaram diferença estatística entre as idades avaliadas, em que as mudas com 60 dias apresentaram maiores médias em relação às mudas de 90 dias. O que pode estar relacionado com o maior tempo no viveiro aumentando o diâmetro de colo. Assim, diminuindo a razão na relação H/D e, conseqüentemente, proporcionando um maior equilíbrio do desenvolvimento da muda. Na avaliação dos parâmetros de qualidades de mudas, a relação H/D não possui um valor de referência para mudas nativas, porém, Gomes (2001), ressalta sua importância para predizer o potencial de sobrevivência das mudas em campo. Corroborando, Carneiro (1995) reporta que essa relação exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, podendo pressupor um melhor desempenho no campo após o plantio.

5.1.2 Biomassa fresca das partes aérea e radicial

As análises de variância das biomassas fresca da parte aérea constam no Apêndice A, Tabela 4, em que pode ser visualizado que há interação significativa ($p < 0,05$) entre os três fatores (recipientes x sombreamento x idade) para essa variável. Os desdobramentos estão no Apêndice C nas Tabelas 1, 2 e 3. Já para a variável biomassa fresca de raiz não houve diferença estatística ($p < 0,05$) para interação tripla, porém houve diferença significativa para interações duplas (recipientes x sombreamentos, recipientes x idades e sombreamentos x idades). As análises de variância constam no Apêndice A na Tabela 6.

Conforme a Figura 11 (A, B), a biomassa fresca da parte aérea mostra que os níveis de sombreamentos apresentaram diferenças significativas para os recipientes sacos 700 e 400 cm³, exceto para o recipiente tubete 288 cm³, em que mudas produzidas a pleno sol apresentaram maior biomassa fresca em relação às produzidas com 50% de sombreamento. Esses resultados mostram que, mesmo que as mudas tenham apresentado uma maior taxa de crescimento em altura em ambientes sombreados, elas apresentam uma fragilidade na alocação de biomassa aérea. Melo et al., (2008), avaliando mudas de *E. contortisiliquum* em diferentes ambientes de luminosidade, observaram uma diminuição na alocação de biomassa nas mudas à medida que aumentava a taxa de sombreamento, atribuindo esse comportamento ao enquadramento dessa espécie no grupo das pioneiras. Poorter et al., (2012) e Romano (2011) enfatizam que plantas em ambientes com uma alta taxa de

luminosidade tendem a ter uma maior alocação de biomassa na parte aérea, confirmando com resultados apresentados na presente pesquisa.

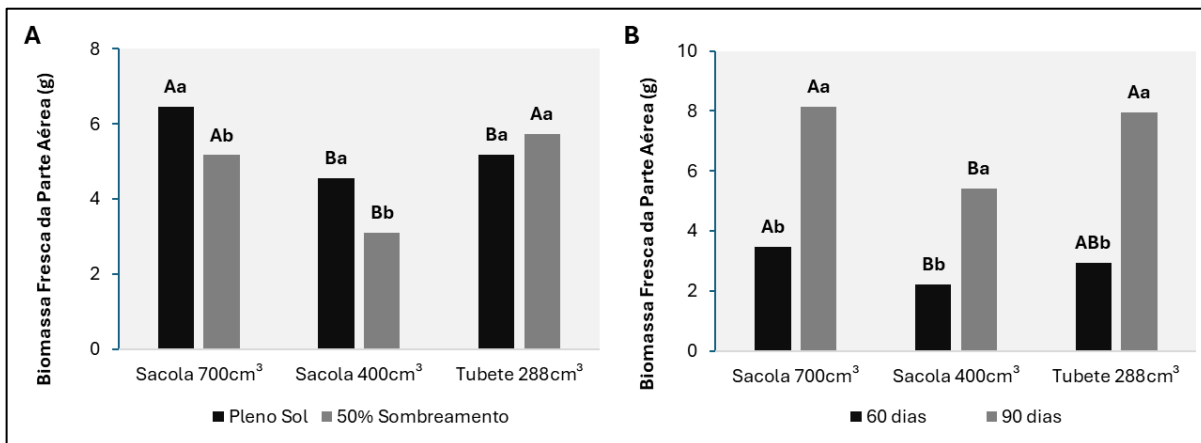


Figura 11: Valores médios da variável biomassa fresca da parte aérea, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a sementeira. A) biomassa fresca da parte aérea (g), recipiente x sombreamento, B) biomassa fresca da parte aérea (g), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na interação recipientes x idades, as plantas produzidas com 90 dias apresentaram maiores médias em todos os recipientes testados, podendo estar relacionado com o maior tempo de permanência das mudas em viveiro sob condições favoráveis, permitindo um maior desenvolvimento das mudas. Entre as mudas produzidas com 60 dias, os recipientes não apresentaram diferença estatística, podendo estar relacionado com o pouco tempo para o desenvolvimento do sistema radicial, limitando a absorção de água e nutrientes, além de não atingirem uma maior altura suficiente a ponto de sofrer influência dos recipientes para, assim, expressar o desenvolvimento da biomassa da parte aérea. Com relação às mudas produzidas com 90 dias, os sacos plásticos com 700 cm³ e tubetes 288 cm³ obtiveram melhor desempenho em comparação aos de 400 cm³. Esses resultados estão associados com as dimensões e forma dos recipientes, em que os tubetes apresentam estruturas que favorecem o desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, o crescimento da parte aérea, enquanto os sacos plásticos apresentam um tamanho maior, favorecendo a alocação de biomassa.

Alguns autores, trabalhando com as espécies florestais *E. contortisiliquum* e *Myracrodruon urundeuva*, constataram que as mudas sofrem influência no seu desenvolvimento devido à restrição causada por recipientes pequenos, seja tubetes,

seja sacos plásticos, limitando seu sistema radicial e, conseqüentemente, o desenvolvimento da sua parte aérea (ABREU et al., 2015; FREITAS et al., 2022). Bonfim et al., (2009), avaliando mudas de *Pterogyne nitens* em sistemas de produção de sacos plásticos e tubetes com diferentes volumes, obtiveram resultados semelhantes, em que recipientes com maiores volumes apresentam uma maior biomassa em geral.

Os resultados para o parâmetro biomassa fresca da raiz constam na Figura 12 (A, B), em que as mudas produzidas no sistema de tubetes 288 cm³ com 90 dias apresentaram maior biomassa radicial em relação às demais. Os resultados mostram que as mudas de *E. contortisiliquum* necessitam de um período maior para o desenvolvimento das raízes, atrelado com um recipiente capaz de favorecer e conduzir esse desenvolvimento sem a presença de deformações ou restrições radiciais. O tempo de permanência no viveiro pode variar de acordo com a espécie. Com relação a espécies nativas do cerrado, esse tempo pode variar de 5 a 12 meses, como no caso da espécie sucupira-branca (*Pterodon pubescens*) da faveira (*Dimorphandra mollis*) e do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) (Oliveira et al., 2016). É necessário entender o tempo adequado para espécie, de forma a determinar um tempo adequado para seu desenvolvimento por completo, minimizando o máximo a influência do recipiente sob o sistema radicial da muda.

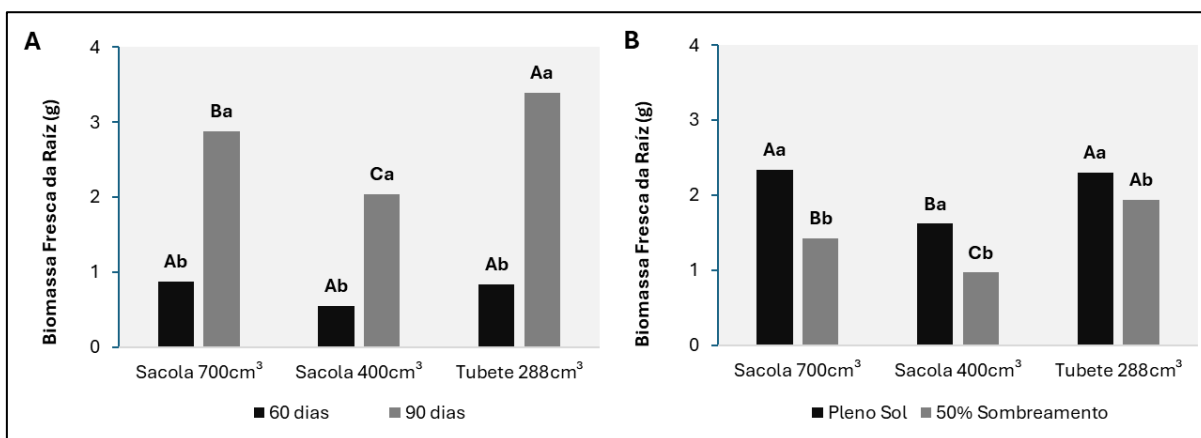


Figura 12: Valores médios da variável, biomassa fresca da raiz, obtidos de mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a sementeira. A) biomassa fresca da raiz (g), recipiente x idade e B) biomassa fresca da raiz (g), recipiente x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na interação recipiente x sombreamento, mudas produzidas a pleno sol apresentaram as maiores médias em comparação com as produzidas em 50% de

sombreamento em todos os recipientes testados. Estes resultados mostram que as mudas de *E. contortisiliquum* necessitam de maior taxa de iluminação para seu desenvolvimento. Esse comportamento pode estar ligado com a necessidade da muda de aumentar a sua área de exploração no substrato para absorção de água e nutrientes. Melo et al. (2008), trabalhando com *E. contortisiliquum* sob diferentes níveis de sombreamento, constataram uma maior produção de biomassa radicial quando produzidas a pleno sol, ou seja, plantas que precisam de uma maior taxa de iluminação para seu desenvolvimento inicial. Souza et al. (2017) realizaram um trabalho com *Bertholletia excelsa* sob diferentes níveis de irradiância, e observaram que ocorria uma maior alocação de biomassa nas raízes à medida que o nível de irradiância aumentava. O maior investimento de biomassa em raízes é visto também como forma de aprimorar a captação de água e nutrientes que podem ser fatores de crescimento mais limitantes em condições de alta disponibilidade de energia luminosa (POORTER, 2001; POORTER et al., 2012).

Com relação ao nível de sombreamento a pleno sol, os recipientes sacos plásticos com 700 cm³ e tubetes 288 cm³ apresentaram maiores médias de biomassa fresca da raiz. Em contrapartida, sacos plásticos com 400 cm³ apresentaram baixo desempenho. O que pode estar relacionado com o tamanho reduzido do recipiente, causando deformações no sistema radicial, assim comprometendo o seu desenvolvimento.

5.1.3 Biomassa seca da parte aérea, radicial e total

As análises de variância das biomassas secas constam no Apêndice A nas tabelas 7, 8 e 9, em que pode ser visualizado que não há interação tripla significativa ($p < 0,05$) para as variáveis avaliadas. Porém, nas variáveis biomassa seca da parte aérea, radicial e total houve diferenças estatísticas ($p < 0,05$) para as interações duplas (recipientes x sombreamentos, recipientes x idades e sombreamentos x idades).

Quanto ao parâmetro biomassa seca da parte aérea, conforme a Figura 13 (A, B), considerando a interação idades x sombreamentos, as mudas produzidas a pleno sol apresentaram médias superiores com relação às produzidas com 50% de sombreamento para a idade de 60 dias. Já as mudas com idade de 90 dias não

apresentaram diferenças estatísticas entre os níveis de sombreamento. Na Figura 13B, as mudas com 90 dias apresentaram maior biomassa em todos os recipientes testados, porém, não houve diferença estatística entre os recipientes na idade de 60 dias. Na idade de 90 dias, os sacos plásticos com 700 cm³ e tubete 288 cm³ apresentaram melhor desempenho. A alocação de biomassa é afetada diretamente em razão do ambiente de luz, modificando os níveis de alocação de biomassa nas folhas, caule e raízes. Como resposta ao ambiente, plantas sol tendem a apresentar um desenvolvimento maior da biomassa aérea em ambientes com maior luminosidade; em contrapartida, quando desenvolvidas em ambientes sombreados (POORTER, 2001; TAIZ & ZEIGER, 2013).

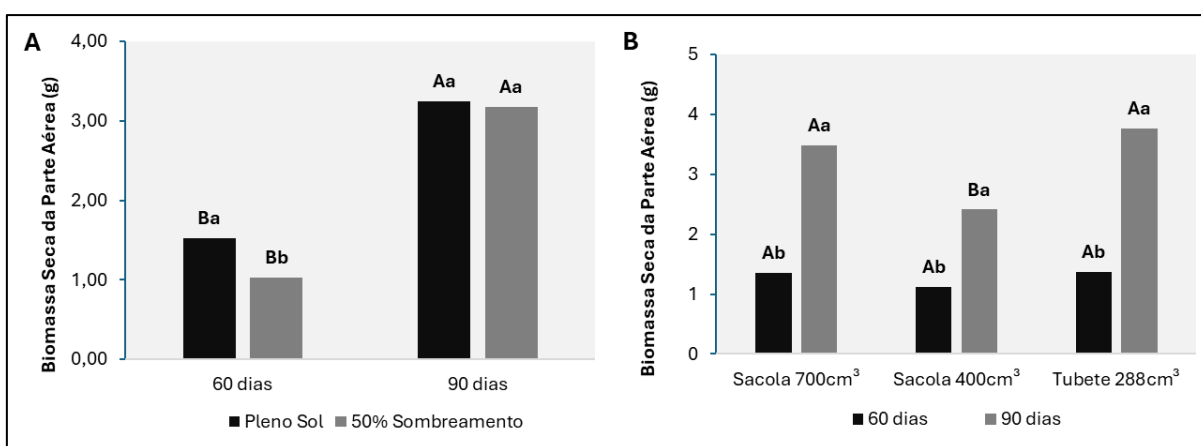


Figura 13: Valores médios da variável, biomassa seca da parte aérea, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa seca da parte aérea (g), recipiente x sombreamento. B) biomassa seca da parte aérea (g), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

A determinação do tempo adequado de permanência no viveiro para a produção de mudas pode variar, mas é constatado que o seu prolongamento favorece o seu desenvolvimento. Oliveira et al. (2011), trabalhando com *Copernicia hospital* em diferentes idades e recipientes, observaram uma relação direta no aumento da produção de biomassa da parte aérea com tempo de permanência em viveiro. Outros autores trabalhando com *Araucaria angustifolia* e *Myracrodruon urundeuva* corroboram esses resultados (SCHORN et al., 2019; FREITAS et al., 2022).

Os resultados para o parâmetro, biomassa seca e total de raízes, na Figura 14 (A, B, C e D), mostram que as mudas produzidas a pleno sol com 90 dias obtiveram maiores médias em comparação às mudas produzidas com 50% de sombreamento e 60 dias em todos os recipientes testados. Esses resultados podem estar associados

com maior tempo de permanência, no ambiente a pleno sol das mudas em viveiro, consequentemente proporcionando uma maior rusticidade das mudas de forma a aumentar seu desenvolvimento da parte aérea e radicial, aumentando a alocação da sua biomassa. Outros autores como Carvalho et al. (2006) e Dos Santos Hara et al. (2020), trabalhando com *Syagrus coronata* e *Stryphnodendron pulcherrimum*, respectivamente, constataram essa afirmação, por meio dos resultados de suas pesquisas com produção de mudas em diferentes níveis de luminosidade, com um aumento de biomassa em ambientes mais iluminados.

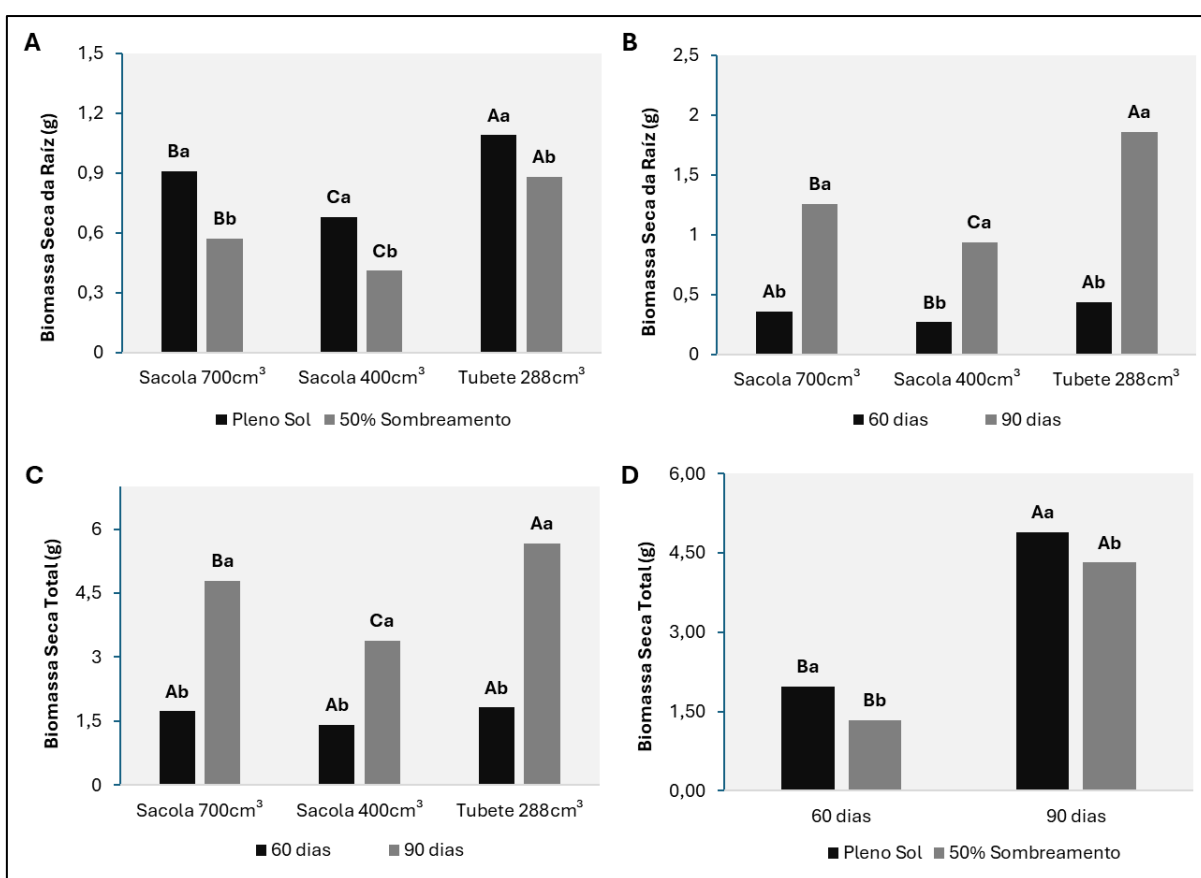


Figura 14: Valores médios das variáveis, biomassa seca da raiz e biomassa seca total, obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) biomassa seca da raiz (g), recipiente x sombreamento. B) biomassa seca da raiz (g), recipiente x idade. C) biomassa seca total (g), recipiente x idade. D) biomassa seca total (g), idade x sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do fator e letra maiúscula para comparação entre os fatores foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Claussen (1996), a razão raiz/parte aérea em plantas sob ambientes mais iluminados indicam que a biomassa se distribui mais para as raízes que para os órgãos fotossintetizantes. Essa tendência permite maior absorção de água e

nutrientes, estratégia que garantiria à planta maior capacidade de suportar ambientes mais iluminados.

Considerando o fator recipientes, as mudas apresentaram diferenças estatísticas tanto para as produzidas a pleno sol como as produzidas a 50% sombreamento, conforme a Figura 14A, seguindo a mesma tendência, em que os tubetes 288 cm³ obtiveram melhor desempenho seguido de sacos plásticos com 700 e 400 cm³, podendo estar relacionado não com o volume de substrato disponibilizado pelo recipiente, mas ao fato de como o recipiente direciona o desenvolvimento das raízes. Oliveira et al. (2016) recomendam o uso tanto de sacos plásticos como de tubetes para a produção de mudas da espécie tamboril. Já, na presente pesquisa, foi observado um ganho em qualidade das mudas produzidas em tubetes. Esta melhoria na qualidade pode ser atribuída ao fato de as paredes laterais desses recipientes possuírem ranhuras que direcionam o desenvolvimento das raízes, proporcionando um sistema radicial mais desenvolvido (GOMES, 2001; CARNEIRO, 1995).

5.1.4 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

As análises de variância, quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), constam no Apêndice A na Tabela 5, em que há interação tripla significativa ($p < 0,05$) para esta variável. Porém, para efeito dos estudos, foram consideradas as interações duplas significativas ($p < 0,05$), recipientes x sombreamento e recipientes x idade.

Os dados constantes na Figura 15 (A) indicam que as mudas sofreram influência do sombreamento e dos recipientes, apresentando diferenças significativas, em que as mudas produzidas a pleno sol apresentaram as maiores médias. Avaliando os recipientes, os tubete 288 cm³ apresentaram os maiores índices, seguido do sistema de produção em sacos plásticos de 700 e 400 cm³. Estes resultados mostram que o sistema de produção em sacos plásticos e/ou com ambientes com baixa iluminação podem afetar o desenvolvimento das mudas, podendo comprometer seu desenvolvimento em viveiro e posteriormente no campo. Dos Santos et al. (2019), trabalhando com a espécie *E. contortisiliquum*, encontraram resultados semelhantes, maior IQD para mudas produzidas a pleno sol. Fonseca et al. (2002), na sua pesquisa, observaram um comportamento decrescente do IQD à medida que aumentam os dias de sombreamento na produção das mudas.

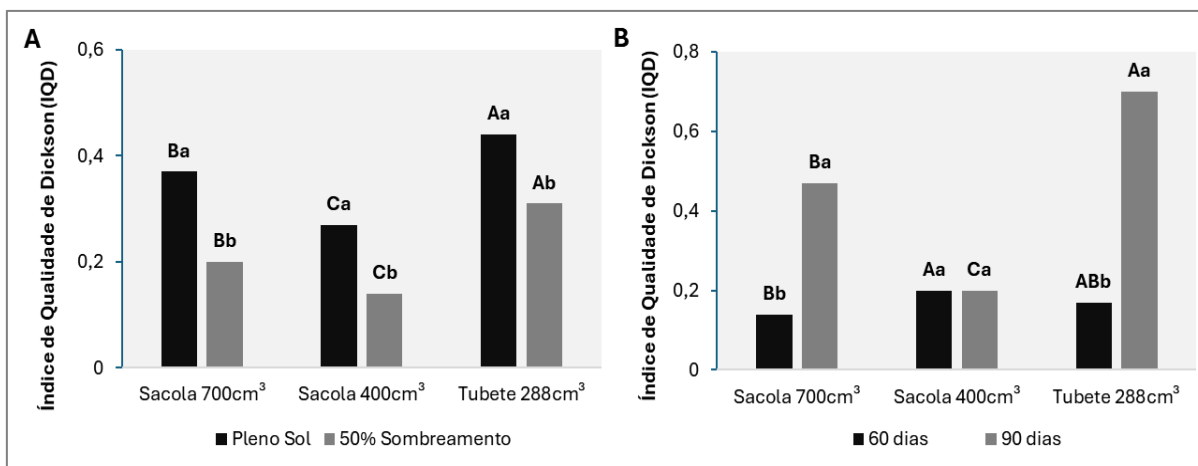


Figura 15: Valores médios do índice de qualidade de Dickson (IQD), recipientes e sombreamentos obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a semeadura. A) Índice de qualidade de Dickson (IQD), recipiente x sombreamento. B) índice de qualidade de Dickson (IQD), recipiente x idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do recipiente e letra maiúscula para comparação entre os recipientes. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Avaliando a Figura 15 (B), observou-se que as mudas com idade de 60 dias apresentaram médias inferiores, com valores iguais ou abaixo de 0,2, quando comparadas com as mudas de 90 dias. Isso evidencia que mudas com essa idade apresentaram médias superiores para outras variáveis, indicando um desenvolvimento mais equilibrado entre a parte aérea e a raiz. De acordo com o critério de Hunt (1990), valores de IQD inferiores a 0,2 indicam que as mudas podem não apresentar vigor suficiente para o estabelecimento em campo. O índice de qualidade de Dickson é considerado um excelente indicador da qualidade das mudas, pois expressa a robustez e o balanço de distribuição da biomassa (LIMA FILHO et al., 2019). Os resultados alcançados para as mudas de tamboril produzidas a pleno sol com 90 dias no sistema de produção em tubetes indicaram boa robustez, com equilíbrio entre altura e diâmetro e priorização do crescimento do sistema radicial em detrimento da parte aérea.

5.2 Potencial de Regeneração de Raízes – (PRR)

As análises de variância relacionadas à variável, número total de raízes regeneradas constam no Apêndice A na Tabela 10, as quais demonstraram haver interação dupla e simples significativa ($p < 0,05$) para variável.

Os dados para essa variável encontram-se na Figura 16 (A). Não houve diferença estatística entre os recipientes a pleno sol, porém, quando a 50% de

sombreamento, o recipiente tubete 288 cm³ apresentou as maiores médias quando comparado com o sistema de produção em sacos plásticos de 700 cm³ e 400 cm³. Na Figura 16 (B), as mudas com 90 dias apresentaram médias superiores quando produzidas em ambientes com 50% de sombreamento. Para o ambiente a pleno sol, não houve diferença entre as idades de expedição.

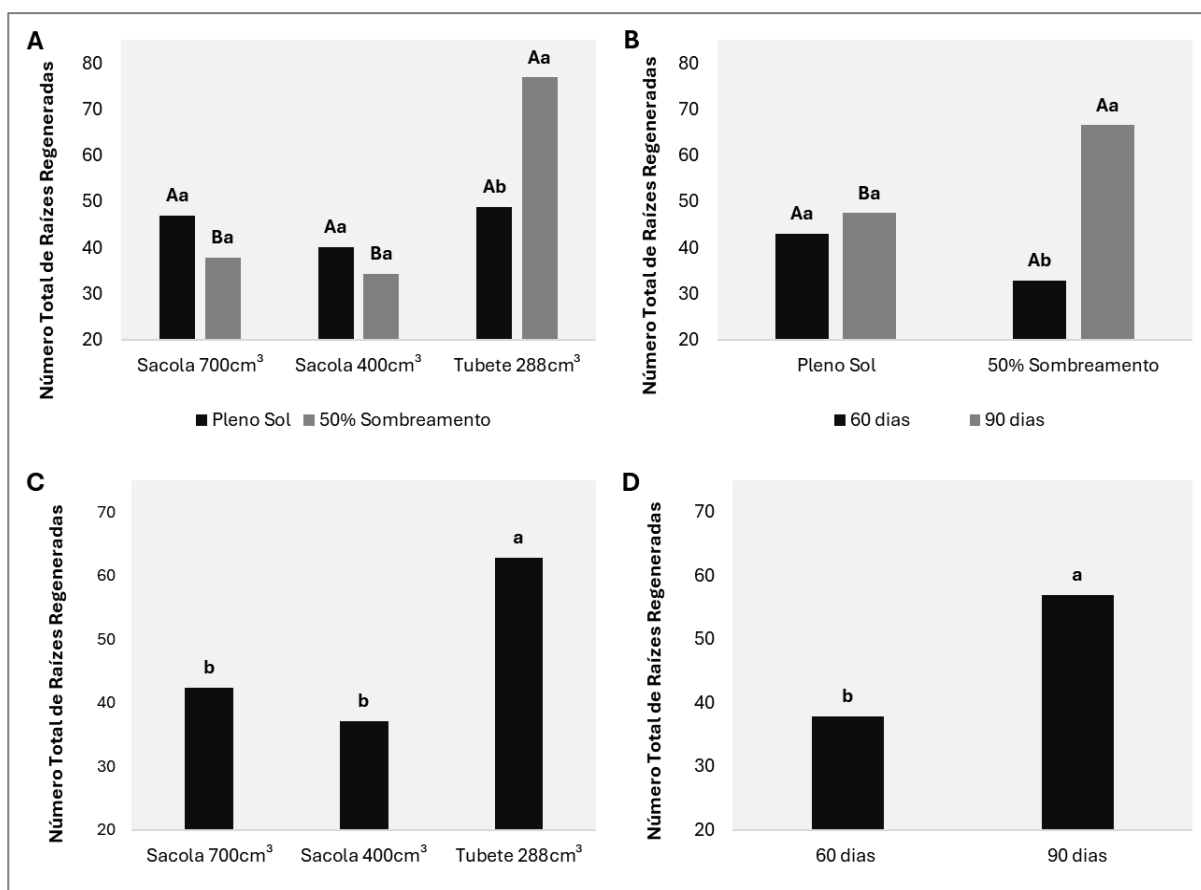


Figura 16: Valores médios do potencial de regeneração de raízes (PRR), recipientes e sombreamentos obtidos de mudas de *E. contortisiliquum*, 60 e 90 dias após a sementeira. A) número total de raízes regeneradas, recipiente x sombreamento. B) número total de raízes regeneradas, idade x sombreamento. C) número total de raízes regeneradas, recipientes. D) número total de raízes regeneradas, idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Letras minúsculas para comparação dentro do recipiente e letra maiúscula para comparação entre os recipientes. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esses resultados demonstram que o sistema de produção em tubetes com 288 cm³ e 90 dias de idade, constantes na Figura 16 (C e D), foram favoráveis à regeneração de novas raízes, mostrando que estes recipientes são capazes de evitar algumas deformações nas raízes, que são comuns nos sacos plásticos, podendo ter favorecida a regeneração das raízes, combinado com o tempo adequado para seu desenvolvimento. O maior número de raízes novas, ou seja, maior potencial de regeneração de raízes, está associado com a qualidade fisiológica das mudas

conforme Carneiro (1995), proporcionando a planta maior capacidade em absorver nutrientes e água para o seu desenvolvimento e, conseqüentemente, aumentando a capacidade de sobrevivência e desenvolvimento após o plantio em campo. Os autores Pinto et al., (2017) e Novaes et al., (2014) encontraram resultados semelhantes para as espécies *Caesalpinia peltophoroides* e *Azadirachta indica*, avaliando o parâmetro fisiológico PRR, em que mudas produzidas em tubetes com 288 cm³ apresentaram um maior número de raízes regeneradas em comparação com sistema de produção em sacos plásticos. Carneiro (1995) reporta que mudas com maior potencial de regeneração de raízes apresentam maior sobrevivência e crescimento inicial no campo após plantio.

A distribuição espacial das raízes regeneradas, avaliadas nos quatros quadrantes dos tubos, está descrita na Tabela 3. Para todas, os tratamentos, conforme estatística não paramétrica, os resultados mostraram uma distribuição espacial uniforme de raízes em todos os quadrantes. Esses resultados mostram que a formação de uma estrutura radicial adequada e bem distribuída, sugere maior capacidade de exploração do solo por essas plantas, após o plantio, de modo a aumentar o fluxo de absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, obter melhor desempenho no campo.

Carneiro et al. (2007) citam que raízes bem desenvolvidas, livres de impedimentos e bem distribuídas assumem arquitetura semelhante ao que ocorre naturalmente em campo, possibilitando maior índice de sobrevivência e crescimento inicial. Neves et al. (2005) destacam que a distribuição das raízes depende do ambiente e das características genéticas de cada espécie.

Tabela 3: Valores médios do número total de raízes regeneradas por quadrante de mudas de *E. contortisiliquum* com 60 e 90 dias após a semeadura produzidas em diferentes recipientes e sombreamentos, 21 dias após transplântio em tubos.

Recipientes / Sombreamento	Idades	A	B	C	D
Saco plástico 400 cm ³ /pleno sol	60 dias	62	65	61	69
	90 dias	52	55	56	56
Saco plástico 400 cm ³ /50% sombreamento	60 dias	52	67	55	55
	90 dias	59	69	69	68
Saco plástico 700 cm ³ /pleno sol	60 dias	56	73	80	62
	90 dias	42	67	67	55
Saco plástico 700 cm ³ /50% sombreamento	60 dias	45	68	61	50
	90 dias	48	72	66	62
Tubete 288 cm ³ /pleno sol	60 dias	43	59	62	56
	90 dias	38	50	46	49
Tubete 288 cm ³ /50% sombreamento	60 dias	33	40	28	41
	90 dias	23	34	25	34

5.2.1 Correlação entre o potencial de regeneração de raízes (PRR) e os parâmetros morfológicos de viveiro

Analisando a Tabela 4, é possível observar que o PRR apresentou correlações de moderado a forte positiva com os parâmetros morfológicos, exceto para a relação H/D que apresentou uma relação fraca negativa. Os parâmetros diâmetro de colo (DC), biomassa fresca e seca da parte aérea apresentaram uma correlação forte positiva.

Estes resultados mostraram que as mudas correspondentes aos tratamentos com maiores biomassa seca e diâmetro de colo originaram um número maior de raízes novas. Isso pode estar relacionado às maiores reservas de carboidratos e equilíbrio hídrico disponíveis na muda, aumentando sua chance de retomada de crescimento pós plantio. Autores como Carneiro (1995) e Grossnickle e MacDonald (2018) constataram que mudas com essas características tendem a apresentar maior taxa de sobrevivência e estabelecimento no campo, ressaltando a importância desse parâmetro na avaliação da qualidade das mudas produzidas, sob o ponto de vista fisiológico.

Tabela 4: Correlações entre o potencial de regeneração de raízes (PRR.) e parâmetros morfológicos de viveiro, de mudas de *E. contortisiliquum* produzidas com 60 e 90 dias após a semeadura. H (cm): altura, DC (mm): diâmetro de colo, BMFA (g): biomassa fresca aérea, BMSR (g): biomassa fresca da raiz, BMSA (g): biomassa seca aérea, BMSR (g): biomassa seca da raiz, H/D: relação altura e diâmetro de colo, IQD: índice de qualidade de Dickson.

	H (cm)	DC (mm)	BMFA (g)	BMFR (g)	BMSA (g)	BMSR (g)	BMST (g)	H/D	IQD
PRR	0,57	0,68	0,63	0,57	0,69	0,57	0,66	-0,09	0,37
	m.p.	fo.p.	fo.p.	m.p.	fo.p.	m.p.	fo.p.	fa.n.	m.p.

Onde: fo.p.= forte positiva; m.p.= moderada positiva e fa.n. = fraca negativa. Elaborado pelo autor (2024).

5.3 Desempenho das mudas no campo

O Experimento de campo encontra-se representado na Figura 17. No Apêndice B, nas Tabelas 1, 2 e 3, encontram-se as análises de variâncias para os parâmetros morfológicos avaliados em campo (altura da parte aérea, diâmetro do coleto e área de copa). Nas análises de variância não foi constatada interação tripla ou dupla para as variáveis avaliadas, porém constatou-se interação significativa para os fatores (recipientes, sombreamentos e idades) de forma isolada. Ao avaliar o índice de sobrevivência das mudas em campo, não foi registrada mortalidade nos tratamentos avaliados, resultando em 100% de sobrevivência ao logo dos cinco meses de avaliação.



Figura 17: Aspectos do experimento de campo de plantas de *E. contortisiliquum* no Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. A) muda de *E. contortisiliquum*, B) área de implantação do experimento. Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

a) Altura da parte aérea

Esta variável apresentou interação significativa com todos os três fatores avaliados de forma isolada. A Figura 18 apresenta os resultados para essa variável no período de cinco meses após o plantio. O sistema de produção, em tubetes com 288 cm³, 50% de sombreamento e idade de 90 dias, possibilitou um maior desempenho das mudas em altura das plantas, em comparação às produzidas em sacos plásticos com 700 e 400 cm³ a pleno sol e com idade de 60 dias.

Estes resultados indicam que o sistema de produção em tubetes apresentou uma maior eficiência na produção das mudas de *E. contortisiliquum*, o qual apresentou, no viveiro, o maior potencial de regeneração de raízes, evidenciando, assim, a eficiência dessa característica na avaliação da qualidade de mudas, aliado ao maior tempo de expedição promovendo um desenvolvimento adequado para as mudas, assim como o sombreamento de 50%, induzindo seu maior crescimento.

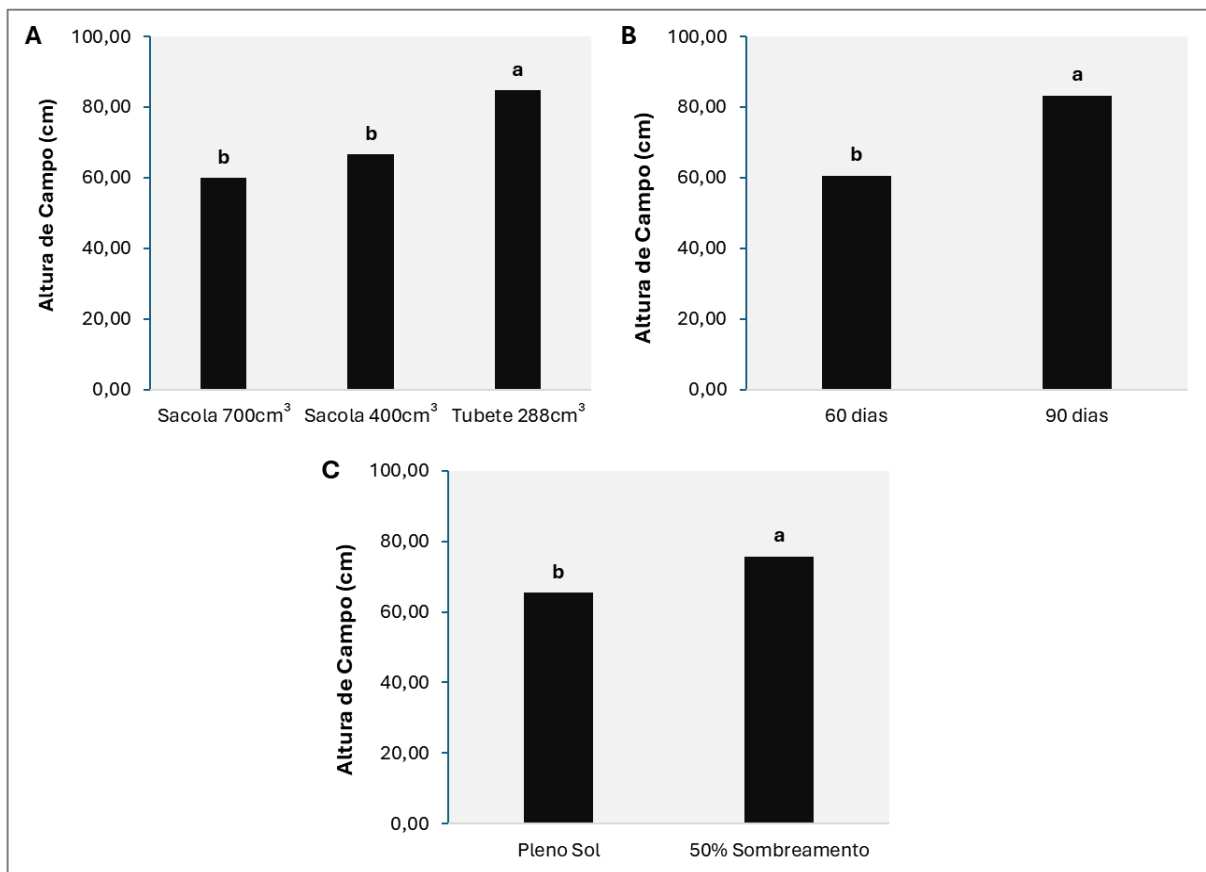


Figura 18: Valores médios da altura de campo de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) recipientes. B) idade. C) sombreamento. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

José (2003), avaliando desempenho em campo das espécies nativas *Schinus terebinthifolia* Raddi, *Guazuma ulmifolia* e *Aspidosperma parvifolium* produzidas em tubetes e sacos plásticos, não constatou diferença significativa para altura da parte aérea, porém as mudas produzidas em tubetes apresentaram uma superioridade com relação ao saco plástico. Novaes et al. (2014), avaliando o desempenho em campo de mudas de nim indiano, produzidas em tubetes e sacos plásticos, encontraram resultados semelhantes com melhor desempenho no sistema de tubetes.

O maior tempo das mudas em viveiro influencia diretamente o desenvolvimento da parte aérea e radicial, refletindo no seu desempenho e em uma melhor resposta às adversidades de campo (MAFIA et al., 2005, ATAÍDE et al., 2019), o que também foi constatado na presente pesquisa. Mudas com 60 dias de expedição apresentaram médias inferiores e menor ritmo de crescimento.

Avaliando o desempenho em altura da parte aérea no campo no período 150 dias após o plantio, conforme a Figura 19, as mudas produzidas em tubetes 288 cm³ a pleno sol com 90 dias apresentaram o maior ritmo de crescimento para essa variável quando comparadas com os demais tratamentos. Esses resultados estão associados à boa distribuição das raízes proporcionada pelos tubetes, quando comparados aos sacos plásticos, limitando as deformações radiciais.

A maior permanência no viveiro (90 dias) e o manejo de produção a pleno sol favoreceram o aumento da rusticidade, conseqüentemente, houve aumento da resistência às adversidades do campo, proporcionando um melhor desenvolvimento tanto da parte aérea como das raízes, que provavelmente influenciaram diretamente o estabelecimento e crescimento inicial das plantas em campo, proporcionando a estas mudas um ritmo de crescimento maior que as mudas produzidas com outros recipientes, com menor tempo de permanência no viveiro e com outro tempo de sombreamento.

Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho também foram observados por Novaes et al., (2014), que, em seus experimentos, avaliando desempenho em campo de mudas de *Azadirachta indica*., 15 meses após o plantio, observaram que mudas produzidas em tubetes 288 cm³ apresentaram melhor desempenho. Da mesma forma Keller et al., (2009), avaliando três espécies nativas *Inga marginata*, *Jacaranda puberula* e *Zeyheria tuberculosa* Bureau, 10 meses após o plantio,

observaram resultados semelhantes, constatando melhor desempenho de mudas produzidas em tubetes de 288 cm³.

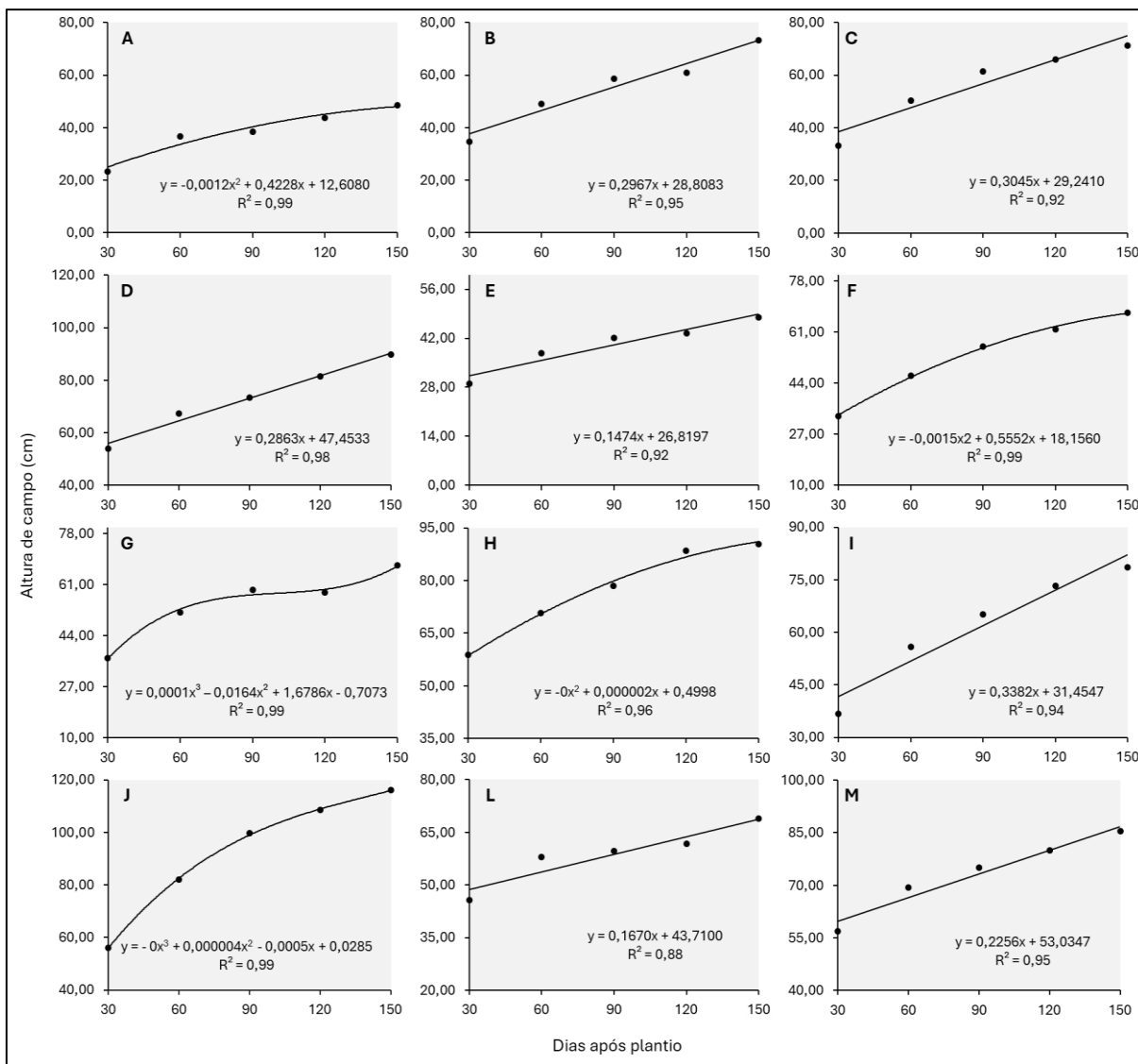


Figura 19: Ritmo de crescimento em altura das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias.

Em contrapartida, as mudas produzidas a pleno sol, em sacos plásticos com 700 e 400 cm³ com 60 dias de expedição, apresentaram menor ritmo de crescimento conforme a Figura 19 (E, A). Esse comportamento pode estar relacionado à expedição de mudas muito jovens para o plantio, por apresentarem uma estrutura radicular ainda

pouco desenvolvida, tornando-as mais vulneráveis aos estresses ambientais, afetando seu crescimento inicial em campo. Para Gomes et. al. (2013), mudas jovens apresentam estruturas pequenas e bastante tenras, sem o endurecimento adequado para o plantio no campo. Correia et al. (2013) destacam a necessidade de pesquisas que abordem o efeito da idade da muda associado ao seu crescimento em campo.

b) Diâmetro do coleto

Os resultados para essa variável apresentaram uma interação significativa com os fatores recipientes e idades de forma isolada como mostra a Figura 20. Avaliando a Figura 20, as mudas produzidas em tubetes de 288 cm³ com 90 dias apresentaram maior diâmetro de coleto em comparação com as produzidas em sacos plásticos com 60 dias. Os resultados encontrados mostram que o sistema de produção em tubete, associado com o maior tempo de formação das mudas, favoreceram um maior desempenho das mudas no campo, ressaltando que ambos os fatores apresentaram maior potencial de regeneração de raízes em viveiro, evidenciando, assim, a eficiência dessa característica na avaliação da qualidade de mudas florestais.

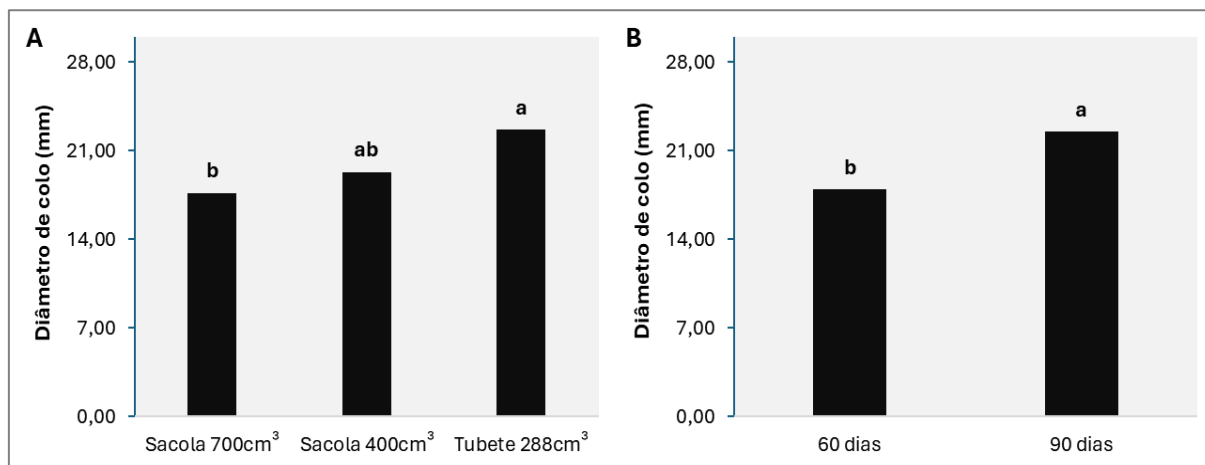


Figura 20: Valores médios do diâmetro do coleto, de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) diâmetro de coleto (mm), recipientes. B) diâmetro de coleto (mm), idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Abreu et al. (2015), trabalhando com o *E. contortisiliquum* produzidas em sacos plásticos e tubetes, após 150 dias de plantio em campo, observaram um comportamento semelhante aos observados na presente pesquisa, tendo os tubetes de 280 cm³, mudas de melhor desempenho em campo, atribuindo a melhor formação das raízes proporcionada pelas estrias presentes nos tubetes. Freitas et al., (2021), avaliando *Senegalia bahiensis* produzidas em diferentes volumes de tubetes, após

120 dias de plantio, observaram resultados semelhantes para o tubete de 280 cm³, que teve melhor desempenho. Com um sistema radicial bem formado, a muda apresenta uma maior eficiência na absorção dos nutrientes disponibilizados durante o plantio (CARNEIRO, 1995).

O desempenho das mudas, considerando a variável diâmetro do coleto, está representado na Figura 21, onde é possível observar que os tratamentos 10 – tubetes 288 cm³ x pleno sol x 90 dias e 2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias de acordo (Figura 21 - J, B), respectivamente, apresentaram os maiores ritmos de crescimento no período de 150 dias do plantio.

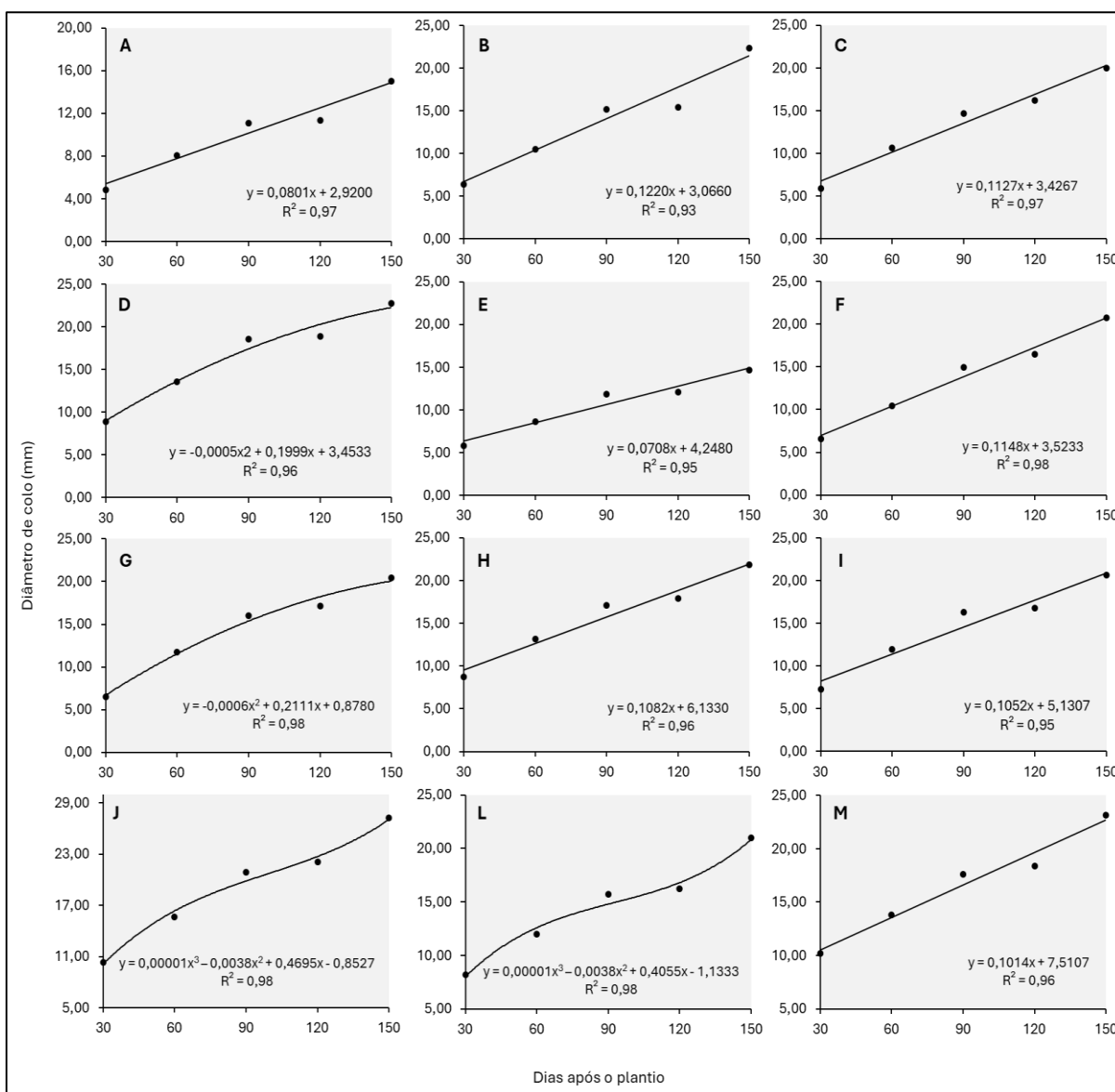


Figura 21: Ritmo de crescimento do diâmetro de coleto das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700

cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias.

As mudas oriundas desses dois tratamentos, manejadas a pleno sol e com 90 dias de viveiro, foram influenciadas de forma direta em seu desempenho no campo pelos fatores luminosidade e idade de expedição. Segundo Taiz & Zeiger (2013), mudas, quando produzidas a pleno sol, tendem a desenvolver mais seu sistema radicial, favorecendo o estabelecimento no campo, além de apresentarem uma maior resistência ao estresse hídrico por estarem com maior nível de rusticidade quando comparadas com mudas produzidas com sombreamento. O que se observa no presente trabalho é que as mudas produzidas a pleno sol apresentaram maior sistema radicial e que isso, conseqüentemente, favoreceu seu estabelecimento e desenvolvimento em campo. Segundo Souza et al. (2006), o diâmetro do coleto é um item fundamental para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento após plantio de mudas. Carneiro (1983) reporta que as plantas com maior diâmetro de coleto apresentam maior sobrevivência, especialmente pela maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

Por sua vez, os tratamentos envolvendo sacos plásticos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias e sacos plásticos com 400 cm³ x pleno sol x 60 dias, de acordo com a Figura 21 (E, A), respectivamente, apresentaram o mais baixo ritmo para essa variável. Neste sistema de produção de mudas, considerando o tratamento envolvendo sacos plásticos com diferentes volumes a pleno sol, com mudas de 60 dias de idade, e com o tratamento de melhor desempenho envolvendo sacos plásticos de 400 cm³ a pleno sol com 90 dias de idade, pode-se inferir que a idade foi um fator determinante no ritmo de crescimento para essa variável no campo, em que a expedição de mudas jovens pode acarretar em uma maior dificuldade de estabelecimento e crescimento, devido ao pouco tempo de desenvolvimento no viveiro e, conseqüentemente, suportar os estresses encontrados em campo. Freitas et al. (2022), simulando condições de campo, observaram menor ritmo de crescimento para mudas de *Myracrodruon urundeuva* com menor tempo de permanência em viveiro.

c) Área de copa

Os dados obtidos para essa variável encontram-se na Figura 22A. Houve apenas interação simples significativa para dois fatores: recipientes e idades.

Analisando a Figura 22, as mudas produzidas em tubetes 288 cm³ com 90 dias apresentaram maior área de copa em comparação às produzidas em sacos plásticos com 60 dias.

Com relação aos parâmetros anteriores, altura e diâmetro do coleto, ambas as variáveis apresentaram melhor desempenho com mudas produzidas em recipientes tipo tubetes com 90 dias de idade, tendo estes parâmetros uma correlação forte. Conseqüentemente, a área de copa apresentou também maiores médias para o mesmo recipiente, podendo estar relacionada à estrutura do recipiente, tendo em vista este proporcionar melhor estrutura radicial, favorecendo o maior desenvolvimento da parte aérea.

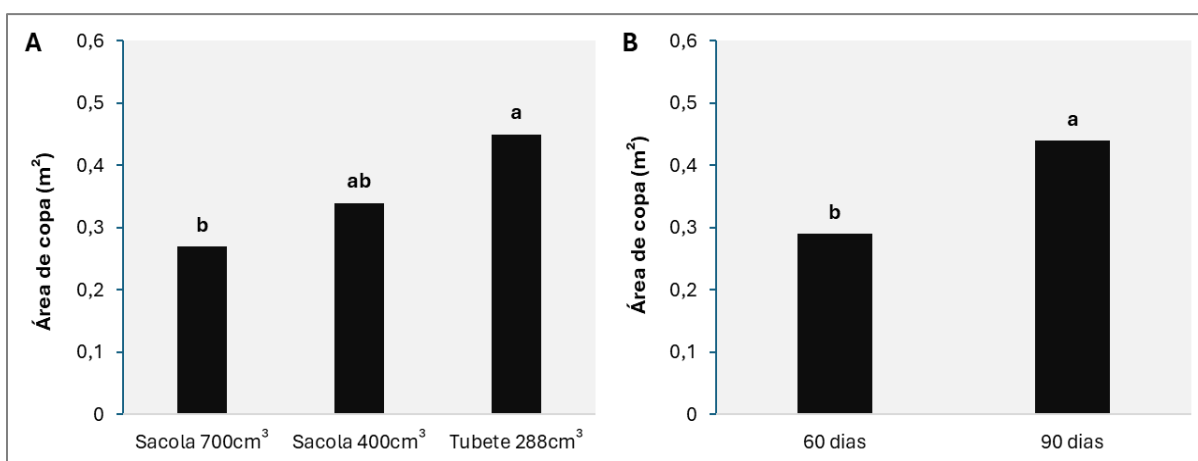


Figura 22: Valores médios da área de copa, de mudas de *E. contortisiliquum*, cinco meses após o plantio. A) área de copa (m²), recipientes. B) área de copa (m²), idade. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si. área

Para Taiz e Zeiger (2013), a área foliar total é um componente importante da produção e acumulação de biomassa. Áreas foliares grandes proporcionam superfícies significativas para a produção de fotossintatos, aumentando o crescimento da planta. De acordo com Calzavara (2014), espécies que adquiriram características de rusticidade no processo de aclimação por um período maior tendem a apresentar um estabelecimento em campo mais rápido, de forma a retomar o ritmo de crescimento mais acentuado. O que se observa na pesquisa é que as mudas com maior período de expedição apresentaram um melhor desempenho em campo.

Quanto ao ritmo de crescimento para a área de copa (Figura 23), as maiores médias corresponderam aos tratamentos 10 – tubetes com 288 cm³ x pleno sol x idades de 90 dias e 2 – sacos plásticos com 400 cm³ x pleno sol x idades de 90 dias,

de acordo com a Figura 23 (J, B), respectivamente. Em contrapartida, os tratamentos 1 – sacos plásticos com 400 cm³ x pleno sol x idades de 60 dias e 5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x idades de 60 dias apresentaram menor ritmo de crescimento em campo.

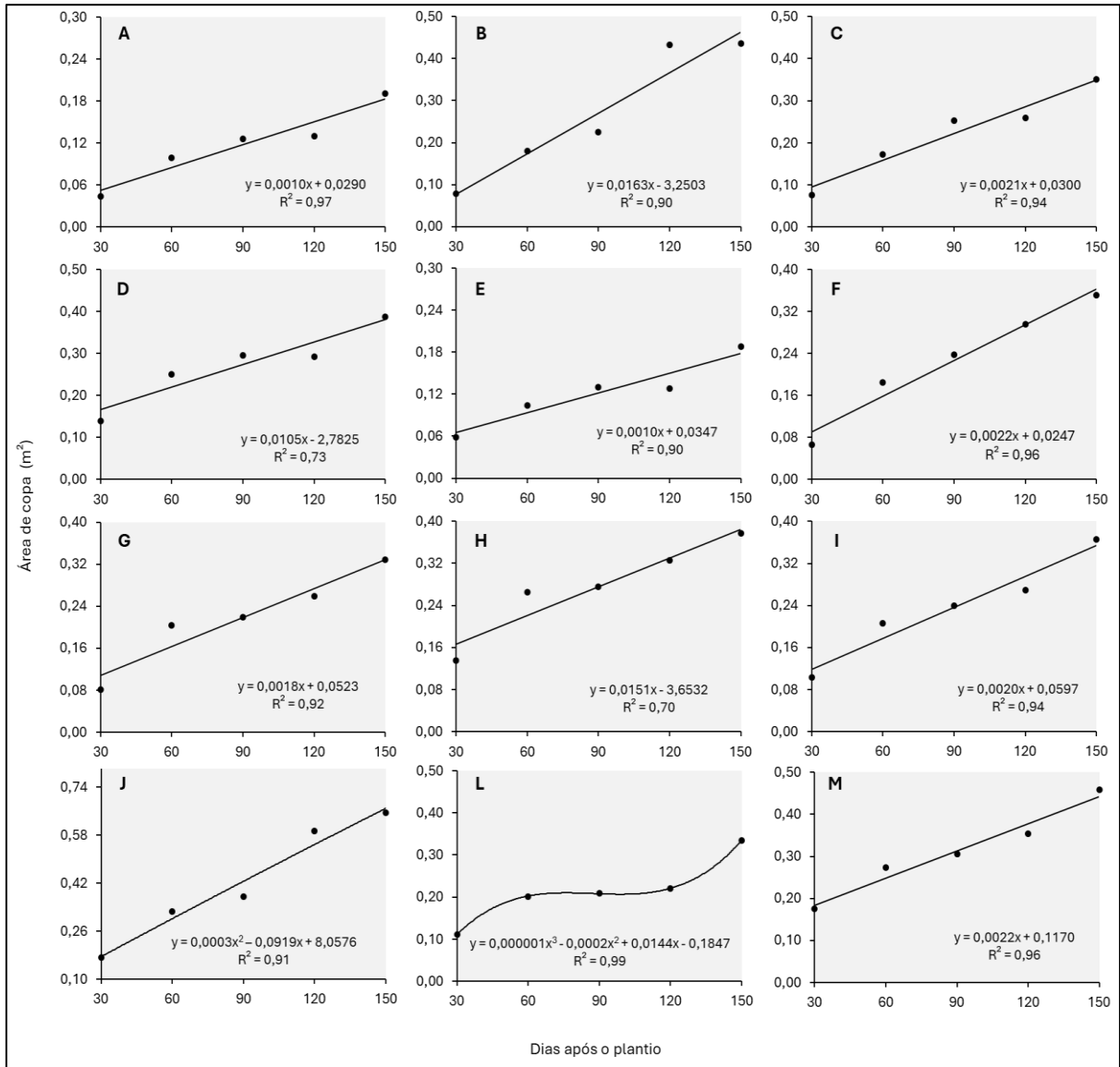


Figura 23: Ritmo de crescimento da área de copa das mudas de *E. contortisiliquum*, avaliadas após 150 dias de plantio em campo. A) T1 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 60 dias; B) T2 – sacos 400 cm³ x pleno sol x 90 dias; C) T3 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; D) T4 – sacos 400 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; E) T5 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 60 dias; F) T6 – sacos 700 cm³ x pleno sol x 90 dias; G) T7 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; H) T8 – sacos 700 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias; I) T9 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 60 dias; J) T10 – tubete 288 cm³ x pleno sol x 90 dias; L) T11 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 60 dias; M) T12 – tubete 288 cm³ x 50% sombreamento x 90 dias.

Estes resultados mostram que o ritmo de crescimento da área de copa foi influenciado principalmente pelo fator idade de expedição, onde mudas produzidas com 90 dias, apresentaram melhor desempenho quando comparadas com as mudas

de 60 dias. Essa superioridade está associada com o maior potencial de regeneração de raízes, maior altura da parte aérea das mudas e biomassas apresentadas em viveiro favorecendo o desenvolvimento e abertura da copa das plantas em campo.

Nogueira et al. (2015), avaliando o estabelecimento inicial de espécies florestais em uma área alterada 10 meses após o plantio em campo, observou que a espécie pioneira *Enterolobium schomburgki* apresentou um rápido crescimento com alta taxa de abertura de copa. Esses resultados corroboram aos encontrados na presente pesquisa. No processo de recuperação de áreas degradadas, a área de copa das espécies pioneiras exerce um papel importante, fornecendo proteção ao solo e criando condições favoráveis para o desenvolvimento de espécies pertinentes a estágios posteriores (ATTANASIO et al., 2006 e CARPANEZZI, 2006).

5.3.1 Correlações entre o PRR e o desempenho das mudas no campo

Avaliando a correlação entre o potencial de regeneração de raízes (PRR) e o desempenho das plantas no campo, no período de seis meses, foi possível observar, conforme a Tabela 5, que os dados dessa variável, nos primeiros 30 dias após o plantio, apresentaram significativos índices de correlações, principalmente com o diâmetro do coleto, variável de alta relação com o sistema radicial das plantas. Dessa forma, sendo uma das mais seguras variáveis para prognosticar o crescimento inicial das plantas no campo.

Tabela 5: Correlação entre o potencial de regeneração de raízes (PRR) e os parâmetros morfológicos de campo ao longo dos cinco meses de campo das mudas de *E. contortisiliquum* (Vell.) Morong.

PRR	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
Altura de campo	0,54	0,43	0,32	0,23	0,31
Diâmetro de campo	0,66*	0,42	0,35	0,29	0,34
Copa	0,64*	0,45	0,39	0,24	0,33

(*) significativo a 5% de significância pelo teste F. Elaborado pelo autor (2024).

Quanto aos dados apresentados na Tabela 5, também é possível constatar que o índice de correlação vai diminuindo à medida que aumenta a idade das plantas no campo, sendo este resultado esperado, tendo em vista que essa variável prognostica apenas o índice de sobrevivência e o crescimento inicial das plantas nos primeiros meses após o plantio. Barroso et al. (2000), avaliando a correlação do PRR ao longo de 10 meses de plantio de mudas de eucaliptos, observaram também uma redução

do índice de correlação à medida que aumentam os meses do plantio. Os dados obtidos neste trabalho, e por Barroso et al. (2000), ressaltam a importância desta variável para o prognóstico do desenvolvimento de plantas em campo.

A importância dessa variável também é ressaltada por autores como Novaes et al. (2002), Lima et al. (2018) e Landis et al. (2010). Em suas pesquisas, eles confirmaram que o PRR apresenta uma correlação positiva e significativa, com o desempenho das mudas no campo. Novaes (1998) também encontrou correlações positivas e significativas entre PRR e os parâmetros de campo para mudas de *Pinus taeda* produzidas em diferentes recipientes. Carneiro (1995) resalta a importância desse parâmetro como um bom indicador da qualidade fisiológica e do desempenho das mudas após o plantio.

6. CONCLUSÃO

- Mudanças de *Enterolobium contortisiliquum* com melhor padrão de qualidade são produzidas no sistema de tubetes com 288 cm³ de capacidade volumétrica.
- A melhor idade de expedição das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* para o campo compreende as produzidas com 90 dias.
- Mudanças dessa espécie produzidas a pleno sol apresentam o melhor desempenho no campo.
- O sistema de produção de mudas em tubetes com 288 cm³, a pleno sol e com idades de 90 dias, apresenta no campo o melhor desempenho.
- O parâmetro fisiológico potencial de regeneração de raízes (PRR) demonstra, entre os demais parâmetros morfológicos, ser eficiente em prever o desempenho das mudanças no campo.
- Mudanças produzidas no sistema de produção em sacos plásticos com 400 cm³, a pleno sol e com 60 dias, apresentam os valores de desempenho mais baixos no viveiro e no campo no período de cinco meses.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, A. H. M., LELES, P. S. S., MELO, L. A., FERREIRA, D. H. A. A., & MONTEIRO, F. A. S. Produção de mudas e crescimento inicial em campo de *Enterolobium contortisiliquum* produzidas em diferentes recipientes. *Floresta*, v. 45, n. 1, p. 141-150, 2015.
- AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A. R.; NASCIMENTO, T. D. R.; ROCCO, F. M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. *Revista Ceres*, v.58, n.6, p.729-734, 2011.
- ALEXANDRE, R. S.; GONÇALVES, F. G.; ROCHA, A. P.; ARRUDA, M. P.; LEMES, E. Q. Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 4, n. 2, 2009.
- ALFENAS, A. C., ZAUZA, E. A. V., MAFIA, R. G., & DE ASSIS, T. F. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. Clonagem e doenças do eucalipto. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009, 500 p.
- ALMEIDA, Danilo Sette de. Recuperação ambiental da mata atlântica / Danilo Sette de Almeida. – 3. ed. rev. e ampl. – Ilhéus: Editus, 2016. 200p.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*; 2013.
- ANTONIAZZI, A. P., BINOTTO, B., NEUMANN, G. M., BUDKE, J. C., & SAUSEN, T. L. Eficiência de diferentes recipientes no desenvolvimento de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae). *Revista Brasileira de Biociências*, v. 11, n. 3, 2013.
- ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; DIAS, B. A.; CASTRO, A. F. N. M. Idade para expedição de mudas clonais de eucalipto em funções de variáveis morfológicas não destrutivas. *Advances in Forestry Science*, v. 6, n. 4, p. 797-802, 2019.
- ATTANASIO, C. M.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. Adequação ambiental de propriedades rurais, recuperação de áreas degradadas, restauração de matas ciliares. Piracicaba-SP: Laboratório de Ecologia e 68 Restauração Florestal, Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP, (Apostila Técnica), 2006, 66 p.
- AZEVEDO, G. T. D. O. S., NOVAES, A. B. D., AZEVEDO, G. B. D., & SILVA, H. F. Desenvolvimento de mudas de nim indiano sob diferentes níveis de sombreamento. *Floresta e Ambiente*, v. 22, p. 249-255, 2015.

AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl) em viveiro. Acta Amazônica, v. 40, n. 1, p. 57-164, 2010.

BACKES, P.; IRGANG, B. Árvores do Sul: Guia de Identificação e Interesse Ecológico. Porto Alegre, RS: Paisagem do Sul. 2009, 332p.

BARRETTO, S. S. B., & FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Leguminosae Mimosoideae: Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. Revista Brasileira de Sementes, v. 33, p. 223-232, 2011.

BARROSO, D. G., CARNEIRO, J. G. D. A., LELES, P. S. D. S., & MORGADO, I. F. Regeneração de raízes de mudas de eucalipto em recipientes e substratos. Scientia Agrícola, v. 57, p. 229-237, 2000.

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

BONFIM, A. A. Qualidade de mudas de Madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tull.) produzidas em tubetes e sacolas plásticas e seu desempenho no campo. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2007, 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

BONFIM, A. A.; NOVAES, A. B.; SÃO JOSÉ, A. R.; GRISI, F. A. Avaliação morfológica de mudas de madeira-nova (*Pterogyne nitens* Tull.) produzidas em tubetes e sacos plásticos e de seu desempenho no campo. Revista Floresta, Curitiba, v. 39, p. 33-40, 2009.

BUTZKE, A. G., DE MIRANDA, E. M., ANDRADE NETO, R. D. C., BIANCHINI, F., & FIUZA, S. D. S. Produção de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em diferentes tipos de substratos, recipientes e níveis de sombreamento em Rio Branco, Acre. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p. 2; 2018.

CALZAVARA, A. K. Morfoanatomia e ecofisiologia de mudas de três espécies arbóreas de floresta estacional semidecidual aclimatadas em viveiro. Londrina – PR, 2014, 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina.

CÂMARA, C. A.; ENDRES, L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas *Mimosa caesalpinifolia* Benth.e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro. Floresta, v.38, n.1, p.43-51, 2008.

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

CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam parâmetros morfofisiológicos que indicam sua qualidade. Série Técnica. FUPEF., Curitiba, n. 12, p. 1-40, maio 1983.

CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; SOARES, L. M. S. Crescimento de mudas em raiz nua de *Pinus taeda* L., sob cinco espaçamentos em viveiro e seu desempenho em campo. Revista Brasileira Agrociências, v. 13, n. 3, p. 305-310, 2007.

CARNEIRO, J. G. de A. Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros, morfológicos de mudas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. Curitiba: 1987. 8lf. Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Silvicultura e Manejo, UFPR.

CARON, B. O., SOUZA, V. Q. D., CANTARELLI, E. B., MANFRON, P. A., BEHLING, A., & ELOY, E. Crescimento em viveiro de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake. submetidas a níveis de sombreamento. Ciência Florestal, v. 20, p. 683-689, 2010.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Espécies Nativas Recomendadas para Recuperação Ambiental no Estado do Paraná: em solos não degradados. Colombo – PR: EMBRAPA FLORESTAS, (Documentos / Embrapa Florestas, ISSN 1979-2599; 136), 2006, 14 p.

CARVALHO, C. M. Produção de mudas de espécies florestais de rápido crescimento. In: NOVAES, A. B. et al. Reflorestamento no Brasil. Vitória da Conquista, UESB, p. 93-103, 1992.

CARVALHO, N. O. S., PELACANI, C. R., DE SOUZA RODRIGUES, M. O., & CREPALDI, I. C. Initial growth of licuri plants (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) under different light intensity. Revista Árvore, v.30, n.3, p.351-357, 2006.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 1992.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, p. 883-892, 2003.

Chaves, L. D. L. B., Carneiro, J. G. D. A., & Barroso, D. G. Crescimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (angico-vermelho) em substrato fertilizado e inoculado com rizóbio. Revista Árvore, v. 30, p. 911-919, 2006.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. Forest ecology and management, v. 80, n. 1-3, p. 245-255, 1996.

DA SILVA, A. D. P.; SOUZA, P. A.; SANTOS, A. F.; PINTO, I. O.; MOURA, T. M. Tratamentos para superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 2, p. 213-217, 2014.

DE CARVALHO, C. A., DA SILVA OLIVEIRA, R. F., RIBEIRO, Í. F. N., ANDRADE, R. A., DE BRITO, R. S., JUNIOR, D. L. T., & DO NASCIMENTO, M. M. Produção de mudas de *Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose em diferentes substratos e níveis de sombreamento. *Scientia Naturalis*, v. 3, n. 1, 2021.

DE CASTRO PIAS, O. H., BERGHETTI, J., SOMAVILLA, L., & CANTARELLI, E. B. Produção de mudas de cedro em função de tipos de recipiente e fontes de fertilizante. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 82, p. 153-158, 2015.

DE FANOLA, H. C. B. L.; DE NOVAES, A. B.; DE FREITAS, L. C.; DA SILVA, J. G. M.; OLIVEIRA, A. M. de. Efeitos de diferentes recipientes e idades de expedição na qualidade de mudas clonais de eucalipto. *REVISTA DELOS*, [S. I.], v. 16, n. 47, p. 2952–2964, 2023.

DE PAULA, C. A. A., COULSON-THOMAS, V. J., FERREIRA, J. G., MAZA, P. K., SUZUKI, E., NAKAHATA, A. M., ... & OLIVA, M. L. V. *Enterolobium contortisiliquum* trypsin inhibitor (EcTI), a plant proteinase inhibitor, decreases in vitro cell adhesion and invasion by inhibition of Src protein-focal adhesion kinase (FAK) signaling pathways. *Journal of Biological Chemistry*, v. 287, n. 1, p. 170-182, 2012.

DE SOUZA, T. V.; TORRES, I. C.; STEINER, N.; PAULILO, M. T. S. Seed dormancy in tree species of the Tropical Brazilian Atlantic Forest and its relationships with seed traits and environmental conditions. *Brazilian Journal of Botany*, v. 38, n. 2, p. 243-264, 2015.

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

DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; ALMEIDA M. J. S.; ROCHA, T. S.; CORVERA, R. Seedling production of *Bertholletia excelsa* in response to seed origin and position inside fruit. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.14, n. 3, 2019.

DOS SANTOS HARA, F. A.; DA SILVA, P. M.; TAKEDA, W. M. Efeito de diferentes níveis de luminosidade no crescimento inicial de faveira camuzé (*Stryphnodendron pulcherrimum*). *Scientia Amazonia*, v. 9, n. 1, CA1-CA11, 2020.

DOS SANTOS, L. M., DE SOUSA, R. M., FONSECA, E. F., PEREIRA, P. G., & DE SOUZA, P. B. Níveis de sombreamento na emergência e desenvolvimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Scientia Agraria Paranaensis*, p. 139-145, 2019.

DUTRA T. R.; MASSAD M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 60, n. 1, p. 072-078, 2013.

ELOY, E., CARON, B. O., SCHMIDT, D., BEHLING, A., SCHWERS, L., & ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. *Floresta*, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

ENGEL, VL; POGGIANI, FÁBIO. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. IPEF, Piracicaba, v. 44, pág. 1-10, 1990.

FAGUNDES, N. B.; FIALHO, A. A. Produção de mudas de *Eucalyptus* via sementes no sistema tubete na COPENER. Série Técnica. IPEF. Piracicaba, v.4, n.13, p. 25-29, 1987.

FANOLA, H. C. B. L. Desempenho de plantas em povoamentos e qualidade de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e idades. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2020, 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

FERNANDES, Márcia Rodrigues de Moura; NÓBREGA, Rafaela Simão Abrahão; FERNANDES, Milton Marques; SOUSA, Waldeídes Castro e; LUSTOSA FILHO, José Ferreira. Influência de substratos e inoculação no crescimento de Tamboril em área degradada. Agrarian, [S. l.], v. 10, n. 35, p. 52–60, 2017.

FONSECA, É. D. P., VALÉRI, S. V., MIGLIORANZA, É., FONSECA, N. A. N., & COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. Revista árvore, v. 26, p. 515-523, 2002.

FONSECA, E. P. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micratha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Veli. E *Aspidosperma polyneuron* Müll Arg. Produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. 113 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2000.

FREITAS, T. A. S. D., LOPES, E. C. S., ARAUJO, J. F. G. D., SANTOS, L. B. D., & MENDONÇA, A. V. R. Produção de mudas de *Senegalia bahiensis* Benth. em diferentes volumes de tubetes. Ciência Florestal, v. 31, n. 3, p. 1105-1123, 2021.

FREITAS, T. A. S. D., OLIVEIRA, M. F., SOUZA, L. S., DIAS, C. N., & QUINTELA, M. P. Qualidades de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. conduzidas sob diferentes volumes de recipientes. Ciência Florestal, v. 32, p. 19-42, 2022.

GASPARIN, E. Armazenamento de sementes e produção de mudas de *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan. Santa Maria-SC: UFSA, 2012, 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria.

GASPARIN, E., AVILA, A. L. D., ARAUJO, M. M., CARGNELUTTI FILHO, A., DORNELES, D. U., & FOLTZ, D. R. B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. Ciência Florestal, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. Viçosa-MG: UFV, 2001, 126 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

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

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

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais: propagação sexuada. Viçosa: Editora UFV, 2013, 116 p. (Série Didática).

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

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V. Nutrição e fertilização florestal. IPEF: Piracicaba, 2005, p. 309-350.

GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C.; ALMEIDA, A. Q.; CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. Sewage sludge derived biochar and its effect on the growth and morphological traits of *Eucalyptus grandis* W.Hill Ex Maiden seedlings. Ciência Florestal, Santa Maria, RS, v, 28, n. 2, p. 687-695, abr./jun. 2018.

GROSSNICKLE, Steven C.; MACDONALD, Joanne E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. New forests, v. 49, p. 1-34, 2018.

GUIMARÃES, ZILZA THAYANE MATOS. Qualidade de mudas e estabelecimento em campo de espécies florestais de importância econômica em resposta ao sítio de plantio. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais) - Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2023.

HAHN, C. M.; OLIVEIRA, C.; AMARAL, E. M.; RODRIGUES, M. S.; SOARES, P. V. Recuperação florestal: da semente à muda. São Paulo, SP: Secretaria do Meio Ambiente para a Conservação e Produção Florestal do Estado de São Paulo, 2006. 144 p.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. Proceedings... Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990, p. 218-222.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório Anual Iba 2022. São Paulo. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2023.

JOSÉ, A. C., DAVIDE, A. C. & OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. Revista Cerne, 11: 187-196. 2005.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubetes, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* RADDI). Agrarian Dourados, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.

JOSÉ, A. C. Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas. Lavras: UFLA, 2003. 112 p. Dissertação (Mestrado – Engenharia Florestal na área Manejo Ambiental). Universidade Federal de Lavras.

JÚNIOR FARIAS, J. A., DO CL CUNHA, M., FARIAS, S. G., & JÚNIOR, J. C. M. Crescimento inicial de mudas de turco sob diferentes tipos de recipientes e níveis de luminosidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 2, n. 3, p. 228-232, 2007.

KELLER, L., LELES, P. S. D. S., OLIVEIRA NETO, S. N. D., COUTINHO, R. P., & NASCIMENTO, D. F. D. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. Revista Árvore, v. 33, p. 305-314, 2009.

LANDIS, T.D.; DUMROESE, R.K.; HAASE, D.L. The container tree nursery manual: seedling processing, storage, and out planting. v.7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, 2010.

LELES, P. S. D. S., LISBOA, A. C., OLIVEIRA, S. N. D., GRUGIKI, M. A., & FERREIRA, M. A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. Floresta e Ambiente, v. 13, n. 1, p. 69-78, 2006.

LIMA FILHO, P., LELES, P. S. D. S., ABREU, A. H. M. D., SILVA, E. V. D., & FONSECA, A. C. D. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. Ciência Florestal, v. 29, p. 27-39, 2019.

LIMA, P. R., MALAVASI, U. C., DRANSKI, J. A. L., MALAVASI, M. D. M., BORSOI, A., & ECCO, M. Estímulos químico e mecânico na rustificação de mudas de eucalipto. Revista Ceres, v. 65, p. 424-432, 2018.

LOPES, J. L. W. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação. Botucatu-SP: UNESP, 2004, 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 2.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. v. 3.

MAFIA, R. G., ALFENAS, A. C., SIQUEIRA, L. D., FERREIRA, E. M., LEITE, H. G., & CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. Revista Árvore, v. 29, p. 947-953, 2005.

MAGISTRALI, P. R., CACAU, F. V. DO P., NASCIMENTO, J. F. DO, MAGISTRALI, I. C. Tamanho de recipientes e luminosidade na produção de mudas *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bur. (Bignoniaceae). Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, v. 11, n. 1, 2022.

MASSAD, M. D., DUTRA, T. R., DA SILVA MEIRELES, I. E., DOS SANTOS, A. R., MENEZES, E. S., & SARMENTO, M. F. Q. Efeito da densidade na bandeja e do volume do recipiente sobre o crescimento de mudas de *Canafístula* (*Peltophorum dubium*). Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 3, p. 9763-9769, 2023.

MELO, L. A. D., ABREU, A. H. M. D., LELES, P. S. D. S., OLIVEIRA, R. R. D., & SILVA, D. T. D. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. Ciência Florestal, v. 28, p. 47-55, 2018.

MELO, M. S., MELO, B. S., DE OLIVEIRA, L. R., BENETT, C. G. S., BENETT, K. S. S., BARBOSA, F. S., & CONEGLIAN, A. Ambientes e recipientes na produção de mudas de *Dipteryx alata* Vog. Revista de Biotecnologia & Ciência, v. 11, p. 43-54, 2022.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L.; RODOLFO JÚNIOR, F. & STANGERLIN, D. M. Crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. sob diferentes níveis de luminosidade. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 3, n. 2, p. 138-144, 2008.

MIRANDA, M. L. D; GARCEZ, F. R.; GARCEZ, W. S. Triterpenos e outros constituintes dos frutos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae). Revista Virtual de Química, v. 7, n. 6, 2015.

NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C. de.; AZEVEDO, M. C. B. de.; HIGA, A. R.; SIMON, A. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção das mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de Cácia-negra. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 897-905, 2005.

NOGUEIRA, W. L. P., FERREIRA, M. J., & DE ALMEIDA MARTINS, N. O. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. Revista de Ciências Agrárias Amazonian, v. 58, n. 4, p. 365-371, 2015.

NOVAES, A. B. Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes. Curitiba-PR, 1998, 118 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná.

NOVAES, A. B. D., CARNEIRO, J. G. D. A., BARROSO, D. G., & LELES, P. S. D. S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo. *Revista Árvore*, v. 26, p. 675-681, 2002.

NOVAES, A. B., SILVA, H. F., DE OLIVEIRA SOUSA, G. T., & DE AZEVEDO, G. B. Qualidade de mudas de nim indiano produzidas em diferentes recipientes e seu desempenho no campo. *Floresta*, v. 44, n. 1, p. 101-110, 2014.

NOVAES, A. B.; LONGUINHOS, M. A. A.; RODRIGUES, J.; SANTOS, I. F.; GUSMÃO, J. C. Caracterização e Demanda Florestal da Região Sudoeste da Bahia. In: SANTOS, A. F. Memórias do II simpósio sobre reflorestamento na região sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista: Embrapa Florestas, 2008, p. 25-43.

OLIVEIRA, A. B.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A. M. E. Tempo de cultivo e tamanho do recipiente na formação de mudas de *Copernicia hospita*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, p. 533-538, 2011.

OLIVEIRA, A. M. Produção de mudas de *Pinus maximinoi* em recipientes biodegradáveis: análises de diferentes volumes, idades de expedição e desenvolvimento no campo. 2023. 92f. Tese (doutorado) –, Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Área de concentração Fitotecnia, Vitória da Conquista, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

OLIVEIRA, M. C. D., OGATA, R. S., DE ANDRADE, G. A., SANTOS, D. D. S., SOUZA, R. M., GUIMARÃES, T. G., & RIBEIRO, J. F. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. 2016.

PARVIAINEN, J. V. Containerized forest tree seedling production in Finland and the other nordic countries, In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p. 403-417.

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

PEIXINHO, J. B. Crescimento inicial pós plantio de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong., em três volumes de tubetes - 2015. f. 39; Trabalho de Conclusão de Curso CAAB - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas; Cruz das Almas -BA. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

PINTO, A. V. F., ALMEIDA, C. C. S., BARRETO, T. N. A., SILVA, W. B., & PIMENTEL, D. J. O. Efeitos de substratos e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. F. Ex S. Moore. *Revista Biociências*, v. 22, n. 1, p. 100-109, 2016.

PINTO, L., SOUZA, D. M., NOVAES, A., DE CÁSSIA PAULA, R., & JÚNIOR, A. A. Qualidade de mudas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. produzidas em diferentes recipientes. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, n. 25, 2017.

POORTER, H., NIKLAS, KJ, REICH, PB, OLEKSYN, J., POOT, P., & MOMMER, L. Alocação de biomassa para folhas, caules e raízes: meta-análises de variação interespecífica e controle ambiental. *New Phytologist*, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.

POORTER, L. Light-dependent changes in biomass allocation and their importance for growth of rain forest tree species. *Functional Ecology*, London, v. 15, n. 1, p. 113-123, feb. 2001.

PUÉRTOLAS, J., JACOBS, D. F., BENITO, L. F., & PEÑUELAS, J. L. Cost–benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in *Pinus* stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. *Ecological Engineering*, v. 44, p. 210-215, 2012.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n. 53, p. 179-179, 2006.

REIS, G. G. Análise de crescimento das plantas: mensuração do crescimento. Programa Cooperativo para el Desarrollo de los Trópicos Americanos. Belém, 1978. 27p.

REIS, S. M.; MARIMONJr, B. H.; MORANDI, P. S.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B. S. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. *Ciência Florestal*, v.26, n.1, p.11-20, 2016.

ROCHA, M. E. L. Respostas morfofisiológicas e bioquímicas em mudas de *Eucalyptus urograndis* e *Hymenaea courbaril* L. após a rustificação. 2022. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2022.

ROMANO, Marcelo Ribeiro. Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene Lhcb1*2 de ervilha. 2001. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2002.

SANTOS, C. B. DOS; LONGHI, S. J., HOPPE, J. M., & MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 2, p. 01–15, jul. 2000.

SCHORN, L. A.; PANDINI, G. BITTENCOURT, R. FENILLI, T. A. B. Definição de idades ótimas para expedição de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae) em função de sua qualidade e volume de recipientes. *Revista Biotemas*, v. 32, n. 4, p. 19-27, 2019.

SOUZA, C. A. M. D., OLIVEIRA, R. B. D., MARTINS FILHO, S., & LIMA, J. S. D. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

SOUZA, C. S. D. C. R. D., SANTOS, V. A. H. F. D., FERREIRA, M. J., & GONÇALVES, J. F. D. C. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* bonpl. submetidas a diferentes níveis de irradiância. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 557-569, 2017.

STURION, J. A.; ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A.P.M. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais. Colombo: 2000, p.125-150.

SUDRAJAT, D.J.; YULIANTI, Y.; RUSTAM, E.; SUWANDHI, I. Genetic diversity in the growth of white jabor (*Neolamarckia cadamba*) provenance-progeny test: Comparing study in the nursery and field. *Biodiversita*, v. 20, n. 5, p. 1325–1332, 2019.

TAIZ L & ZEIGER E. *Fisiologia vegetal*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TINUS, R. W.; McDONALD, S. E. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. *Gen. Tech. Rep. RM. USDA. For Serv.*, Fort Collins, Colorado, n. 60, p. 1-256, 1979.

TRAUTENMÜLLER, J. W., BORELLA, J., MINATTI, M., COSTA JÚNIOR, S., WOYCIKIEWICZ, A. P. F., BALBINOT, R., & SANQUETTA, C. R. Avaliação de plantas de *Cordia americana* em viveiro utilizando caracteres morfológicos. *BIOFIX Scientific Journal*, v. 2, n. 2, 2017.

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New Forests*, v. 44, p. 327-339, 2013.

VASCONCELOS SOARES, E. L., OTANI, F. S., FELSEMBURGH, C. A., & DA FONSECA JÚNIOR, É. M. Crescimento inicial de mudas de açaí, sob diferentes níveis de sombreamento. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 10, n. 4, p. 302-309, 2022.

VIANA, E. D. O., BEZERRA, A. M. E., PEREIRA, D. D. S., LACERDA, C. F. D., & MEDEIROS FILHO, S. Crescimento e qualidade de mudas de três espécies de *Copernicia* sob diferentes condições de sombreamento. *Ciência Florestal*, v. 32, p. 2094-2112, 2022.

VIEIRA, C. R., & DOS SANTOS WEBER, O. L. Avaliação de substratos na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Revista Brasileira Multidisciplinar*, v. 18, n. 2, p. 153-166, 2015.

WAKELEY, P. C. *Planting the southern pines*. Washington: Agriculture Monograph, D. C., p.181-233. 1954.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Tabelas das análises de variância (ANOVA) dos parâmetros de viveiro.

Tabela 1: Análise de variância para os fatores e suas interações – Altura.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	81,62	6,71**
F2 - Sombreamento	1	690,08	56,79**
F3 - Idade	1	1236,27	101,74**
F1xF2	2	123,6	10,17**
F1xF3	2	37,71	3,10*
F2xF3	1	160,6	13,21**
F1xF2xF3	2	115,29	9,48**
Resíduo	36	12,15	
Total	47		
CV %		11,33	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 2: Análise de variância para os fatores e suas interações – Diâmetro de colo.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	3,57	42,68**
F2 - Sombreamento	1	1,27	15,22**
F3 - Idade	1	47,40	566,58**
F1xF2	2	0,80	9,58**
F1xF3	2	0,46	5,50**
F2xF3	1	0,43	5,17*
F1xF2xF3	2	1,06	12,69**

Resíduo	36	0,08
Total	47	
CV %		7,05

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 3: Análise de variância para os fatores e suas interações – Relação altura e diâmetro (H/D).

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	5,19	9,09**
F2 - Sombreamento	1	75,82	132,62**
F3 - Idade	1	5,18	9,06**
F1xF2	2	0,79	1,38ns
F1xF3	2	5,44	9,52**
F2xF3	1	7,03	12,29**
F1xF2xF3	2	5,62	9,84**
Resíduo	36	0,57	
Total	47		
CV %		9,62	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância, (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 4: Análise de variância para os fatores e suas interações – Biomassa fresca da parte aérea.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	17,82	25,98**
F2 - Sombreamento	1	6,42	9,36**
F3 - Idade	1	219,90	320,57**
F1xF2	2	5,03	7,34**

F1xF3	2	3,71	5,41**
F2xF3	1	4,81	7,01*
F1xF2xF3	2	5,81	8,47**
Resíduo	36	0,68	
Total	47		
CV %		16,43	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 5: Análise de variância para os fatores e suas interações – Índice de qualidade de Dickson (IQD).

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	0,07	54,91**
F2 - Sombreamento	1	0,16	115,11**
F3 - Idade	1	0,46	328,51**
F1xF2	2	0,002	1,84ns
F1xF3	2	0,13	93,33**
F2xF3	1	0,10	73,55**
F1xF2xF3	2	0,06	44,78**
Resíduo	36	0,001	
Total	47		
CV %		5,77	

(**) significativo a 1% de significância, (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 6: Análise de variância para os fatores e suas interações – Biomassa Fresca da Raiz.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	2,85	35,10**
F2 - Sombreamento	1	4,91	60,44**

F3 - Idade	1	48,80	600,20**
F1xF2	2	0,29	3,67*
F1xF3	2	1,12	13,82**
F2xF3	1	0,82	10,16**
F1xF2xF3	2	0,13	1,60ns
Resíduo	36	0,08	
Total	47		
CV %		16,11	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 7: Análise de variância para os fatores e suas interações – Biomassa Seca da Parte Aérea.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	2,91	19,40**
F2 - Sombreamento	1	0,95	6,38*
F3 - Idade	1	44,96	299,64**
F1xF2	2	1,15	7,69**
F1xF3	2	1,34	8,97**
F2xF3	1	0,53	3,58ns
F1xF2xF3	2	0,44	2,98ns
Resíduo	36	0,15	
Total	47		
CV %		17,19	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 8: Análise de variância para os fatores e suas interações – Biomassa Seca da Raiz.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	0,13	57,40**
F2 - Sombreamento	1	0,15	66,54**
F3 - Idade	1	1,83	786,62**
F1xF2	2	0,006	2,86ns
F1xF3	2	0,01	8,44**
F2xF3	1	0,006	2,80ns
F1xF2xF3	2	0,005	2,47ns
Resíduo	36	0,002	
Total	47		
CV %		5,33	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 9: Análise de variância para os fatores e suas interações – Biomassa Seca Total.

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	7,50	31,30**
F2 - Sombreamento	1	4,38	18,27**
F3 - Idade	1	104,90	437,69**
F1xF2	2	1,14	4,79*
F1xF3	2	3,54	14,78**
F2xF3	1	0,005	0,02ns
F1xF2xF3	2	0,68	2,85ns
Resíduo	36	0,23	
Total	47		
CV %		15,61	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 10: Análise de variância para os fatores e suas interações – Potencial de Regeneração de Raízes (PRR).

Causas da variação	GL	QM	F
F1 - Recipientes	2	4417,79	10,76**
F2 - Sombreamento	1	351,12	0,85ns
F3 - Idade	1	6555,12	15,97**
F1xF2	2	2554,12	6,22**
F1xF3	2	132,87	0,32ns
F2xF3	1	3886,68	9,46**
F1xF2xF3	2	735,76	1,79ns
Resíduo	36	410,43	
Total	47		
CV %		42,69	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

APÊNDICE B: Tabelas das análises de variância (ANOVA) dos parâmetros de campo.

Tabela 1: Análise de variância para os fatores de campo e suas interações – Altura de campo.

Causas da variação	GL	QM	F
Bloco	2	0,00	0,12ns
F1 - Recipientes	2	8e-05	14,61**
F2 - Sombreamento	1	2e-05	4,36*
F3 - Idade	1	0,0001	28,23**
F1xF2	2	5e-05	9,11**
F1xF3	2	0,00	0,24ns

F2xF3	1	2e-05	3,25ns
F1xF2xF3	2	0,00	0,67ns
Resíduo	22	1e-05	
Total	33		
CV %		15,89	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 2: Análise de variância para os fatores de campo e suas interações – Diâmetro de colo de campo.

Causas da variação	GL	QM	F
Bloco	2	0,00017	2,71ns
F1 - Recipientes	2	0,00044	7,23**
F2 - Sombreamento	1	0,00017	2,79ns
F3 - Idade	1	0,00094	15,29**
F1xF2	2	0,00018	2,97ns
F1xF3	2	4e-05	0,59ns
F2xF3	1	0,00055	8,92**
F1xF2xF3	2	9e-05	1,45ns
Resíduo	22	6e-05	
Total	33		
CV %		15,59	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significativo a 1% de significância e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 3: Análise de variância para os fatores de campo e suas interações – Área de copa.

Causas da variação	GL	QM	F
--------------------	----	----	---

Bloco	2	0,03	1,73ns
F1 - Recipientes	2	0,09	4,56*
F2 - Sombreamento	1	0,00081	0,04ns
F3 - Idade	1	0,16	8,30**
F1xF2	2	0,03	1,77ns
F1xF3	2	0,008	0,43ns
F2xF3	1	0,08	4,29ns
F1xF2xF3	2	0,001	0,06ns
Resíduo	22	0,01	
Total	33		
CV %		38,21	

(*) significativo a 5% de significância, (**) significância a 1% e (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

APÊNDICE C: Tabelas com desdobramentos dos parâmetros com interação tripla significativas.

Tabela 1: Desdobramento da interação tripla em função do fator recipiente, para os parâmetros altura, diâmetro de colo, relação H/D, biomassa fresca da parte aérea e IQD.

Parâmetros	Recipientes	Sombreamento/Idade (dias)			
		Pleno Sol/60 dias	Pleno Sol/90 dias	50%/60 dias	50%/90 dias
Altura (cm)	Sacola 700cm ³	27,47 a	31,30 ns	24,45 b	47,95 a
	Sacola 400cm ³	23,62 ab	30,60 ns	25,07 b	34,05 b
	Tubete 288cm ³	20,12 b	28,80 ns	33,47 a	42,42 a
Diâmetro de Colo (mm)	Sacola 700cm ³	3,98 a	5,13 b	2,36 b	5,23 a
	Sacola 400cm ³	3,06 b	4,62 c	2,63 b	4,24 b
	Tubete 288cm ³	3,05 b	5,72 a	3,54 a	5,61 a
Relação Altura/Diâmetro (H/D)	Sacola 700cm ³	6,94 ab	6,13 ab	9,53 a	9,17 b
	Sacola 400cm ³	8,21 a	6,56 a	8,09 b	10,68 a
	Tubete 288cm ³	6,79 b	4,99 b	9,57 a	7,66 c
Massa Fresca da Parte Aérea	Sacola 700cm ³	5,15 a	7,79 a	1,84 b	8,49 a
	Sacola 400cm ³	3,02 b	7,78 a	1,46 b	4,76 b
	Tubete 288cm ³	2,56 b	6,10 b	3,34 a	8,13 a
Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	Sacola 700cm ³	0,22 ns	0,59 b	0,09 c	0,37 b
	Sacola 400cm ³	0,15 ns	0,44 c	0,25 a	0,06 c
	Tubete 288cm ³	0,18 ns	0,91 a	0,16 b	0,55 a

Letras iguais na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 2: Desdobramento da interação tripla em função do fator sombreamento, para os parâmetros altura, diâmetro de colo, relação H/D, biomassa fresca da parte aérea e IQD.

Parâmetros	Sombreamento	Recipiente/Idade (dias)					
		Sacola 700cm ³ /60 dias	Sacola 700cm ³ /90 dias	Sacola 400cm ³ /60 dias	Sacola 400cm ³ /90 dias	Tubete 288cm ³ /60 dias	Tubete 288cm ³ /90 dias
Altura (cm)	Pleno Sol	27,47 ns	31,30 b	23,62 ns	30,60 ns	20,12 b	28,80 b
	50% sombreamento	24,45 ns	47,95 a	25,07 ns	34,05 ns	33,47 a	42,42 a
Diâmetro de Colo (mm)	Pleno Sol	3,98 a	5,13 ns	3,06 a	4,63 ns	3,05 b	5,72 ns
	50% sombreamento	2,63 b	5,23 ns	2,36 b	4,24 ns	3,54 a	5,61 ns
Relação Altura/Diâmetro (H/D)	Pleno Sol	6,94 b	6,13 b	8,21 ns	6,56 b	6,79 b	4,99 b
	50% sombreamento	9,53 a	9,17 a	8,09 ns	10,68 a	9,57 a	7,66 a
Massa Fresca da Parte Aérea	Pleno Sol	5,15 a	7,78 ns	3,02 a	6,10 a	2,56 ns	7,79 ns
	50% sombreamento	1,84 b	8,49 ns	1,46 b	4,76 b	3,34 ns	8,13 ns
Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	Pleno Sol	0,22 a	0,59 a	0,15 b	0,44 a	0,18 ns	0,91 a
	50% sombreamento	0,09 b	0,37 b	0,25 a	0,06 b	0,16 ns	0,55 b

Letras iguais na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 3: Desdobramento da interação tripla em função do fator idade, para os parâmetros altura, diâmetro de colo, relação H/D, biomassa fresca da parte aérea e IQD.

Parâmetros	Idade	Recipiente/Sombreamento					
		Sacola 700cm ³ /Pleno Sol	Sacola 700cm ³ /50% Sombreamento	Sacola 400cm ³ /Pleno Sol	Sacola 400cm ³ /50% Sombreamento	Tubete 288cm ³ /Pleno Sol	Tubete 288cm ³ /50% Sombreamento
Altura (cm)	60 dias	27,47 ns	24,45 b	23,62 b	25,07 b	20,12 b	33,47 b
	90 dias	31,30 ns	47,95 a	30,60 a	34,05 a	28,80 a	42,42 a
Diâmetro de Colo (mm)	60 dias	3,98 b	2,63 b	3,06 b	2,36 b	3,05 b	3,54 b
	90 dias	5,13 a	5,23 a	4,62 a	4,24 a	5,72 a	5,61 a
Relação Altura/Diâmetro (H/D)	60 dias	6,94 ns	9,53 ns	8,21 a	8,09 b	6,79 a	9,57 a
	90 dias	6,13 ns	9,17 ns	6,56 b	10,68 a	4,99 b	7,66 b
Massa Fresca da Parte Aérea	60 dias	5,15 b	1,84 b	3,02 b	1,46 b	2,56 b	3,34 b
	90 dias	7,78 a	8,49 a	6,10 a	4,76 a	7,79 a	8,13 a
Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	60 dias	0,22 b	0,09 b	0,15 b	0,06 b	0,18 b	0,16 b
	90 dias	0,59 a	0,37 a	0,44 a	0,25 a	0,91 a	0,55 a

Letras iguais na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância, (ns) não significativo. Elaborado pelo autor (2024).