



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

ELIEUDA DE CASTRO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE SEMENTES, PLÂNTULAS E
CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS**

FORTALEZA

2020

ELIEUDA DE CASTRO DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE SEMENTES, PLÂNTULAS E
CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579c Silva, Elienda de Castro da.
Caracterização morfométrica de sementes, plântulas e crescimento inicial de cinco espécies arbóreas tropicais / Elienda de Castro da Silva. – 2020.
125 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.

1. Biometria. 2. Germinação. 3. Qualidade da muda. I. Título.

CDD 630

ELIEUDA DE CASTRO DA SILVA

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DE SEMENTES, PLÂNTULAS E
CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: 17/12/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eliseu Marlônio Pereira de Lucena
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Francisco Carlos Barboza Nogueira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Roberto Albuquerque Pontes Filho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

À Deus.

Aos meus pais, José e Maria de Fátima.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua infinita bondade e misericórdia, sem a qual eu jamais chegaria até aqui.

À minha família pelas orações e apoio emocional, em todos os momentos dessa jornada.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará, pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

À coordenação do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Fitotecnia), por todo suporte concedido.

Ao Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora, pelo tempo disponibilizado e pelas valiosas colaborações e sugestões.

À toda equipe que compõe o Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), pelo apoio durante todo o período da pesquisa. Agradeço em especial aos colegas Dionis, Erivanda e Jamille, pelas dicas valiosas, aos operários Eliosmar Pacheco e Márcio da Silva, pela grande contribuição na instalação e manutenção dos experimentos, bem como à doutoranda Laila Sabrina Queiróz Nazareno, ao bolsista de Iniciação Científica, Felipe Jader e ao bolsista de monitoria acadêmica, Rodrigo Paiva, pela inestimável assistência a mim prestada, nos momentos mais desafiadores pelos quais passei durante essa caminhada. Que Deus os recompense abundantemente!

À equipe do Laboratório de sementes (LAS/UFC), pela concessão dos equipamentos necessários à realização do experimento.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste sonho, **obrigada!**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Porque há esperança para a árvore, que, se for cortada, torna a brotar e não cessarão os seus renovos. Suas raízes poderão envelhecer no solo e seu tronco morrer no chão, ao cheiro das águas, brotará e dará ramos como se fosse muda plantada.” (JÓ 14; 7-9).

RESUMO

O desenvolvimento de pesquisas voltadas à produção de mudas de espécies arbóreas tropicais é bastante relevante, pois contribui na adoção de práticas sustentáveis de manejo das espécies, bem como na execução de propostas de reflorestamento. Diante disso, objetivou-se caracterizar os aspectos morfométricos de sementes, plântulas e do crescimento inicial em dois ambientes distintos, de mudas das seguintes essências florestais: *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira). Os experimentos foram desenvolvidos no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici. Na avaliação morfológica das sementes, considerou-se seu formato e a cor do tegumento. Para a análise biométrica, utilizou-se uma amostra contendo 100 diásporos, onde se mensurou o comprimento, a largura, e a espessura. Com os dados obtidos, elaborou-se histogramas, polígono de frequência, boxplot e o cálculo das estatísticas descritivas. Para a análise morfológica de plântulas, realizou-se a semeadura de 100 diásporos de cada espécie em tubetes de 300 cm³ contendo vermiculita e composto orgânico na proporção volumétrica de 2:1 (v/v). Realizou-se avaliações diárias e os eventos observados durante o processo germinativo, foram registrados por meio de fotografia digital e dispostas sequencialmente ao longo do tempo. O crescimento inicial foi analisado em dois ambientes: estufa agrícola e sol pleno, durante nove épocas, num delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições em parcelas subdivididas, onde os ambientes constituíram as parcelas e as épocas, as subparcelas. As variáveis respostas foram: número de folhas, altura da planta, diâmetro do coleto, comprimento da raiz, massa fresca e seca da parte aérea e da raiz e índice de qualidade de Dickson. As sementes apresentaram as seguintes dimensões médias: baobá - 10,33 x 8,07 x 6,37 mm; cássia-rósea - 16,35 x 12,40 x 4,76 mm; cedro - 31,88 x 5,34 x 1,36 mm; craibeira - 14,03 x 10,16 x 0,89 mm e ipê-amarelo - 10,10 x 6,83 x 0,98 mm. A germinação é do tipo epígea fanerocotiledonar, em baobá, cássia-rósea e cedro, enquanto a craibeira e o ipê-amarelo apresentam germinação hipógea fanerocotiledonar. Com exceção das mudas de cedro, o ambiente de sol pleno favoreceu o crescimento inicial das demais espécies estudadas.

Palavras-chave: Biometria. Germinação. Qualidade da muda.

ABSTRACT

The development of research pursuing the seedling production of arboreal tropical species is enough relevant for contributing to the adoption of sustainable practices of species management, as well as for the execution of reforestation projects. Thus, in this research Project the objective was to characterize the morphometric aspects of seeds and seedlings, and of the initial growth, in two different environments, of seedlings of the following forest essences: *Adansonia digitata* L. (“baobá”), *Cassia grandis* L.f. (“cássia-rosa”), *Cedrela odorata* L. (“cedro”), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (“ipê-amarelo”) and *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (“craibeira”). The experimental design was developed at the Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), Departamento de Fitotecnia of the Centro de Ciências Agrárias (CCA), at the Pici Campus of the Universidade Federal do Ceará. For the biometric analysis, a sample containing 100 seeds of each species was used to measure the size, width and the thickness. With the generated data were elaborated the histograms, frequency polygon, boxplot and the descriptive statistical calculation. For the morphological analysis of seedlings 100 diaspores of each species were sowed in individual 300 cm³ tubets containing vermiculite and an organic composite in a 2:1 (v/v) volumetric composition. Daily evaluations and event observations were performed during the germinative process, registered by digital photos and sequentially disposed throughout the time. The initial growth was analyzed in two different environments: greenhouse and direct sun exposition, during nine periods, in an entirely casualized design, with six repetitions in subdivided parcels where the environments constituted the parcels and periods as subparcels. The variable responses were: leaf number, plant height, collet diameter, root size, fresh and dried mass of the aerial parts and roots, and Dickson’s quality index. The seeds presented the following dimensions: “baobá” – 10.33 x 8.07 x 6.37 mm; “cássia-rosea” – 16.35 x 12.40 x 4.76 mm; “cedro” – 31.88 x 5.34 x 1.36 mm; “craibeira” – 14.03 x 10.16 x 0.89 mm e “ipê-amarelo” – 10.10 x 6.83 x 0.98 mm. The germination was of phanerocotiledonar epigeal type for “baobá”, “cássia-rosea” and “cedro”, while the “craibeira” and the “ipê-amarelo” presented phanerocotiledonar hipogeal germination. Except for the “cedro” seedlings, all the other studied species had the initial growth favored by the direct sun exposition.

Keywords: Morphometry. Germination. Seedling quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mensuração das características biométricas da semente. UFC, Fortaleza, CE	40
Figura 2 – Sementes de <i>Adansonia digitata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	41
Figura 3 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de <i>Adansonia digitata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	42
Figura 4 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de <i>Adansonia digitata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	42
Figura 5 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de <i>Adansonia digitata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	43
Figura 6 – Sementes de <i>Cassia grandis</i> L.f. UFC, Fortaleza, CE	43
Figura 7 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de <i>Cassia grandis</i> L.f. UFC, Fortaleza, CE	44
Figura 8 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de <i>Cassia grandis</i> L.f. UFC, Fortaleza, CE	44
Figura 9 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de <i>Cassia grandis</i> L.f. UFC, Fortaleza, CE	45
Figura 10 – Sementes de <i>Cedrela odorata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	45
Figura 11 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de <i>Cedrela odorata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	46
Figura 12 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de <i>Cedrela odorata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	47
Figura 13 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de <i>Cedrela odorata</i> L. UFC, Fortaleza, CE	47
Figura 14 – Sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE	48
Figura 15 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose. UFC,	49

Fortaleza, CE	
Figura 16 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE	49
Figura 17 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE	50
Figura 18 – Sementes de <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE	50
Figura 19 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE	51
Figura 20 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE	52
Figura 21 – Histograma, polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE	52
Figura 22 – Representação das porções escarificadas nas sementes de baobá (A) e cássia-rósea (B). UFC, Fortaleza, CE	65
Figura 23 – Aspectos morfológicos da plântula de <i>Adansonia digitata</i> L.: A – semente escarificada; B a H – plântula em desenvolvimento; I a J – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE	69
Figura 24 – Aspectos morfológicos da plântula de <i>Cassia grandis</i> L.f.: A – semente escarificada; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; hp = hipocótilo; rp = raiz	72

- principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE 74
- Figura 25 – Aspectos morfológicos da plântula de *Cedrela odorata* L.: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; al = ala; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE 74
- Figura 26 – Aspectos morfológicos da plântula de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE 76
- Figura 27 – Aspectos morfológicos da plântula de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE 78
- Figura 28 – Temperatura média e umidade relativa no ambiente estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), em dia nublado (A) e em dia ensolarado (B). UFC, Fortaleza, CE 94
- Figura 29 – Radiação solar no ambiente estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), em dia nublado (A) e em dia ensolarado (B). UFC, Fortaleza, CE 94
- Figura 30 – Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE 98
- Figura 31 – Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson 100

(IQD) (E) de mudas de <i>Adansonia digitata</i> L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	
Figura 32 – Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de <i>Cassia grandis</i> L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	102
Figura 33 – Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de <i>Cassia grandis</i> L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	104
Figura 34 – Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de <i>Cedrela odorata</i> L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	106
Figura 35 – Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de <i>Cedrela odorata</i> L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	108
Figura 36 – Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	110
Figura 37 – Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	112
Figura 38 – Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento	114

da raiz (D) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE

.....

Figura 39 – Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE

.....

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Data de semeadura, repicagem e períodos de avaliação de cinco espécies arbóreas. UFC, Fortaleza, CE 91
- Tabela 2 – Análise de fertilidade e granulométrica do substrato utilizado para o crescimento inicial das espécies *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE 92
- Tabela 3 – Análise de fertilidade e granulométrica do substrato utilizado para o crescimento inicial das espécies *C. odorata* L. e *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE 93
- Tabela 4 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) para o número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE 97
- Tabela 5 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE 99
- Tabela 6 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE 101
- Tabela 7 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de 102

avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	
Tabela 8 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de <i>Cedrela odorata</i> L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	105
Tabela 9 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Cedrela odorata</i> L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	107
Tabela 10 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	109
Tabela 11 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE ..	111
Tabela 12 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de <i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE	113
Tabela 13 – Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa	115

seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	19
1.1	Introdução	19
1.2	Revisão de literatura	21
1.2.1	<i>Importância das espécies arbóreas</i>	21
1.2.2	<i>Caracterização das espécies estudadas</i>	22
1.2.2.1	<i>Adansonia digitata L., Malvaceae (baobá)</i>	22
1.2.2.2	<i>Cassia grandis L.f., Fabaceae (cássia-rósea)</i>	23
1.2.2.3	<i>Cedrela odorata L., Meliaceae (cedro)</i>	24
1.2.2.4	<i>Handroanthus serratifolius (Vahl) S.Grose, Bignoniaceae (ipê-amarelo)</i>	25
1.2.2.5	<i>Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, Bignoniaceae (craibeira)</i>	25
1.2.3	<i>Morfometria de sementes</i>	26
1.2.4	<i>Morfologia da germinação</i>	27
1.2.5	<i>Influência do meio ambiente no crescimento e desenvolvimento vegetal</i>	28
2	CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS	35
2.1	Introdução	37
2.2	Material e métodos	39
2.2.1	<i>Aquisição das sementes</i>	39
2.2.2	<i>Beneficiamento</i>	39
2.2.3	<i>Caracterização das sementes</i>	39
2.2.3.1	<i>Análise morfológica</i>	40
2.2.3.2	<i>Análise biométrica</i>	40
2.2.4	<i>Análise e representação dos dados</i>	40
2.3	Resultados	41
2.3.1	<i>Adansonia digitata L. (baobá)</i>	41
2.3.2	<i>Cassia grandis L.f. (cássia-rósea)</i>	43
2.3.3	<i>Cedrela odorata L. (cedro)</i>	45
2.3.4	<i>Handroanthus serratifolius (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo)</i>	48
2.3.5	<i>Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira)</i>	50
2.4	Discussão	53

2.4.1	<i>Adansonia digitata</i> L. (<i>baobá</i>)	53
2.4.2	<i>Cassia grandis</i> L.f. (<i>cássia-rósea</i>)	54
2.4.3	<i>Cedrela odorata</i> L. (<i>cedro</i>)	55
2.4.4	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose (<i>ipê-amarelo</i>)	55
2.4.5	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (<i>craibeira</i>)	56
2.5	Conclusão	58
3	CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DE PLÂNTULAS DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS	62
3.1	Introdução	64
3.2	Material e métodos	65
3.2.1	<i>Aquisição, beneficiamento e tratamento pré-germinativo das sementes</i>	65
3.2.1.1	<i>Tratamento pré-germinativo</i>	65
3.2.2	<i>Caracterização de plântulas</i>	66
3.2.3	<i>Análise e representação dos dados</i>	66
3.3	Resultados	67
3.3.1	<i>Adansonia digitata</i> L. (<i>baobá</i>)	67
3.3.2	<i>Cassia grandis</i> L.f. (<i>cássia-rósea</i>)	70
3.3.3	<i>Cedrela odorata</i> L. (<i>cedro</i>)	73
3.3.4	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose (<i>ipê-amarelo</i>)	75
3.3.5	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (<i>craibeira</i>)	77
3.4	Discussão	79
3.5	Conclusão	83
4	CAPÍTULO 4 - CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS EM DOIS AMBIENTES DISTINTOS	87
4.1	Introdução	89
4.2	Material e métodos	91
4.2.1	<i>Análise do crescimento inicial de mudas</i>	91
4.2.2	<i>Caracterização do substrato</i>	92
4.2.3	<i>Caracterização dos ambientes</i>	93
4.2.4	<i>Delineamento experimental</i>	94
4.2.5	<i>Variáveis analisadas</i>	95
4.2.5.1	<i>Número de folhas e altura da planta</i>	95
4.2.5.2	<i>Diâmetro do coleto</i>	95

4.2.5.3	<i>Comprimento da raiz</i>	95
4.2.5.4	<i>Massas fresca e seca</i>	95
4.2.5.5	<i>Índice de qualidade de mudas</i>	96
4.2.6	<i>Análise e representação dos dados</i>	96
4.3	Resultados	97
4.3.1	<i>Adansonia digitata L. (baobá)</i>	97
4.3.2	<i>Cassia grandis L.f. (cássia-rósea)</i>	100
4.3.3	<i>Cedrela odorata L. (cedro)</i>	104
4.3.4	<i>Handroanthus serratifolius (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo)</i>	109
4.3.5	<i>Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira)</i>	113
4.4	Discussão	117
4.5	Conclusão	122
	REFERÊNCIAS	123

1 CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Introdução

As florestas tropicais são vitais para o equilíbrio do clima mundial e para a conservação da biodiversidade. De acordo com um estudo baseado nos dados da *Botanical Gardens Conservation International*, em todo o mundo existem cerca de 60.065 espécies de árvores. Deste total, 8.715 estão presentes no território brasileiro, o que corresponde a 14% das espécies existentes no planeta. Diante disso, o Brasil caracteriza-se como o país com a maior biodiversidade de árvores do mundo (RIVERS; OLDFIELD; SMITH, 2017).

Entretanto, nas últimas décadas as principais florestas do Brasil e do mundo vem sendo intensamente exploradas, causando impactos negativos ao meio ambiente e ao ecossistema como um todo. Gerações seguidas vêm atuando no extrativismo madeireiro, para construção civil, produção de móveis e lenha para carvão; desmatamento de grandes áreas destinadas a atividade agropecuária, implantação de barragens e rodovias, dentre outras (BUSTAMANTE et al., 2019).

Com isso, espécies arbóreas de grande valor ecológico, estão correndo sério risco de extinção. A falta de direcionamento técnico e conscientização na exploração dos recursos florestais, bem como o desmatamento para a implantação de áreas agropecuárias, ou para a construção civil, têm ocasionado danos irreparáveis (LORENZI, 2016).

Destarte, a preservação dos ecossistemas que compõem os diferentes biomas existentes no planeta, é fundamental para a manutenção do macroclima, da fitofisionomia, do relevo, dentre outros atributos intrínsecos a cada um. Nesse sentido, faz-se necessária a busca por práticas mais sustentáveis de manejo das florestas e matas nativas, bem como a realização de atividades que auxiliem na redução das consequências advindas dos problemas elencados acima.

Uma das alternativas que visam reduzir esses impactos negativos refere-se à implantação de programas de reflorestamento, através da produção de mudas de espécies arbóreas. Esses programas propiciam o aumento na demanda de sementes de espécies florestais, tendo em vista ser o insumo básico para a recuperação e conservação dos ecossistemas. Diante disso, as sementes ganharam grande importância na produção de mudas para reposição florestal, arborização urbana e preservação das espécies em risco de extinção (VECHIATO; PARISI, 2013).

A multiplicação de espécies arbóreas por sementes possibilita a manutenção da

herdabilidade de determinadas características fenotípicas de interesse, além da variabilidade genética, intrínseca de cada espécie, possibilitando ganhos ao passar de uma geração à outra (HOPPE, 2004). Essas características auxiliam no entendimento do processo de armazenagem das sementes, de sua viabilidade, dos métodos de semeadura, da germinação, bem como auxiliam na análise do ciclo vegetativo das espécies (COSTA et al., 2006; CUNHA; FERREIRA, 2003).

A realização de pesquisas que envolvem a produção de mudas de espécies arbóreas tropicais constitui-se como um fator de extrema importância. Os resultados obtidos destas pesquisas contribuem na adoção de práticas voltadas à preservação das espécies; na execução de propostas de recuperação de áreas desmatadas e ainda na arborização urbana, favorecendo assim, a qualidade de vida humana.

Estudos com essa abordagem têm sido realizados com diversas espécies arbóreas, entretanto, ainda são escassas as informações disponíveis sobre as condições mais adequadas de produção de mudas de *Adansonia digitata* L.(baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L.(cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira). As informações relacionadas às características morfométricas das sementes e plântulas, bem como do crescimento inicial dessas espécies, também são incipientes.

Estes estudos são bastante relevantes, pois auxiliam na identificação das espécies e contribuem para o conhecimento de seus estádios de desenvolvimento e estabelecimento da planta, constituindo-se subsídios para práticas de manejo silviculturais. Por conseguinte, objetivou-se caracterizar os aspectos morfométricos de sementes, plântulas e o crescimento inicial em dois ambientes distintos, das essências florestais supracitadas.

1.2 Revisão de literatura

Desde o surgimento das primeiras civilizações humanas, os recursos florestais, incluindo as espécies arbóreas, vêm sendo explorados intensamente, contribuindo no desenvolvimento econômico. Entretanto, concomitante à geração de riquezas, essa exploração descaracteriza e degrada as florestas naturais (CARVALHO, 2003). O manejo dos recursos genéticos florestais requer o conhecimento prévio das espécies que compõem a comunidade da área em exploração (KAGEYAMA, 2005).

As árvores são a maior forma de vida existente no planeta, presentes em praticamente todos os continentes. Apresentam alto grau de complexidade e de adaptações às condições do meio, permitindo sua convivência em diversos ambientes, incluindo as cidades (CEMIG, 2011). As espécies vegetais que compõem as florestas tropicais constituem-se como o recurso mais utilizado no manejo pelo homem. Dentro desse grupo, as espécies arbóreas têm se destacado pela importância que a madeira possui como recurso imediato e com tecnologia facilmente utilizável (KAGEYAMA, 2005).

1.2.1 Importância das espécies arbóreas

A restauração ecológica através da recomposição florestal possui como um de seus objetivos, restabelecer os processos ecológicos perdidos por ocasião da degradação ambiental como a extinção de espécies nativas, tanto da fauna como da flora (BARBOSA; RODRIGUES; COUTO, 2013).

Essencialmente, as florestas possuem uma estreita ligação à base de recursos, que sustenta a vida no planeta (água, ar, solos, fauna etc.). Igualmente, exerce influência direta sobre o ambiente e o clima, especialmente em relação à temperatura e a umidade relativa do ar. Através do processo fotossintético desempenhado principalmente pelas espécies vegetais, as florestas sequestram e armazenam enormes quantidades de carbono. Essa capacidade ajuda a melhorar a qualidade do ar, reduzindo as excessivas concentrações de CO₂ e liberando o oxigênio, essencial a vida (MUTEIA, 2014).

As florestas nativas de cada bioma, principalmente em regiões agrícolas desenvolvidas, desempenham funções vitais na qualidade da água dos mananciais. Quando presente em áreas de encostas íngremes, ou topos de morros, contribui decisivamente na redução do processo erosivo do solo e conseqüentemente, no assoreamento dos corpos

d'água. Além disso, abrigam e alimentam a fauna e garantem a sua diversidade, bem como aos agentes polinizadores (LORENZI, 2016).

Nas zonas urbanas, o elemento árvore, apresenta-se como um componente indispensável para melhoria da convivência, dentro de um ambiente que a cada dia vem se tornando mais danoso à saúde pública e quase insuportável no que diz respeito à sensação térmica e a qualidade de vida dos seus habitantes. Assim, a arborização urbana contribui para obtenção de um ambiente mais agradável e tem influência decisiva na qualidade de vida das cidades e, portanto, na saúde da população (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

1.2.2 Caracterização das espécies estudadas

Dentre as espécies objeto desta pesquisa, apenas o baobá é exótico. Entretanto, vale ressaltar que em hipótese alguma, espécies exóticas devem substituir as espécies nativas, nos programas de recuperação florestal, ou mesmo na arborização urbana. Essa prática causa sérias alterações ao ecossistema local, como por exemplo, prejuízos à fauna nativa, devido a sua não adaptação ao consumo dos frutos de espécies exóticas (LORENZI, 2016).

1.2.2.1 *Adansonia digitata* L., *Malvaceae* (baobá)

Pertencente à família Malvaceae, *Adansonia digitata* L., é uma espécie florestal originária das savanas, no continente Africano. Popularmente chamada de baobá, imbondeiro, dentre outros nomes comuns, a árvore é explorada para diversas finalidades, tais como: alimentícia, farmacológica e matéria prima para indústrias (RAHUL et al., 2015).

O baobá pode atingir até 30 metros de altura e 9 metros de diâmetro (RAHUL et al., 2015). Possui tronco ereto, com numerosas cavidades e raízes superficiais espessas, apresentando casca acinzentada e lisa. Sua ramagem é curta, grossa e levemente horizontal. As folhas são compostas digitadas (LORENZI; BACHER; TORRES, 2018).

As flores são solitárias, axilares, com cinco pétalas brancas, possuindo uma coluna densa de estames longos, ao centro. Os frutos são grandes, indeiscentes, do tipo cápsula, apresentando casca dura com pilosidade cinza-amarelada. A propagação ocorre exclusivamente por sementes (LORENZI; BACHER; TORRES, 2018). As sementes são de coloração marrom escuro a preto avermelhado, e são encontradas embutidas na polpa. São ricas em fósforo, cálcio e magnésio (RAHUL et al., 2015)

A árvore é capaz de viver por milhares de anos. São extremamente resistentes a seca, devido a capacidade de armazenar água em seu tronco, conseguindo sobreviver nove meses de seca, por ano (RAHUL et al., 2015). A casca dos baobás é rica em fibra, sendo utilizada na confecção de tecidos e cordas. As folhas são comestíveis. A polpa dos frutos é rica em vitamina C, sendo utilizada em bebidas com água ou leite, enquanto as cascas são empregues como cuias (LORENZI; BACHER; TORRES, 2018).

1.2.2.2 *Cassia grandis* L.f., *Fabaceae* (cássia-rósea)

A cássia-rósea é uma espécie arbórea, integrante da família botânica Fabaceae. Canafístula, acácia, marimari, cássia-grande e cássia-rósea, são alguns dos seus nomes vulgares. É uma árvore decídua e apresenta-se como a maior espécie brasileira do gênero *Cassia*. Na fase adulta pode atingir dimensões próximas de 30 m de altura e 100 cm de diâmetro à altura do peito (CARVALHO, 2006).

Distribui-se naturalmente na América Central e América do Sul. No Brasil, tem ocorrência nas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste. Possui tronco cilíndrico e tortuoso. O fuste é geralmente curto, atingindo no máximo 8 m de comprimento. A superfície da casca externa ou ritidoma é marrom-acastanhada, áspera a levemente fissurada e com pouca descamação. A casca interna é vermelha-amarelada e pode atingir até 30 mm de espessura, suas ramificações são cimosas e irregulares (CARVALHO, 2006; SOUZA; BORTOLUZZI, 2015).

A copa é larga, com cerca de 8 metros de diâmetro, apresentando esgalhamento grosso e ramos com lenticelas. As folhas são compostas, paripinadas, com oito a 20 pares de folíolos oblongos, medindo de 3 a 6 cm de comprimento, finamente pilosos, arredondados ou obtusos no ápice. As inflorescências estão agrupadas em ráceros axilares, medindo até 11 cm de comprimento, e cobrindo totalmente a copa, ainda quando esta está sem folhas. As flores são exuberantes, de coloração róseo-amarelada, raramente brancas e vistosas, outrossim, são melíferas, com produção de pólen (CARVALHO, 2006).

O fruto constitui-se um legume lenhoso indeiscente, cilíndrico, irregular, medindo de 11 a 60 cm de comprimento e 34 a 50 mm de diâmetro, com duas suturas longitudinais e nervuras salientes, grossas, que ligam as suturas. Quebrando o pericarpo, aparecem os septos circulares que separam as sementes, e uma massa preta, pegajosa e adocicada. O fruto maduro é marrom-escuro externamente, e contém 9 a 50 sementes. As sementes apresentam aspecto oval ou obovóide, aplainadas de um lado e carenada do outro; são duras, brilhantes, de

coloração castanho-amarelo-claro, com excisão no hilo e medindo até 1 cm de comprimento (CARVALHO, 2006).

A importância desta espécie consiste na utilização da sua madeira na construção civil, principalmente para acabamentos internos; como lenha de qualidade aceitável; para a produção de carvão, álcool e coque, apresentando teor médio de lignina. Na alimentação humana, é comum na América Central, especialmente na Costa Rica, extrair-se dos septos que envolvem a semente dentro da vagem, um produto equivalente ao chocolate (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2016).

A árvore é extremamente ornamental, principalmente quando em flor, sendo por isso, usada em paisagismo e na arborização urbana. Suas grandes vagens são usadas para arranjos decorativos. A polpa do fruto é usada na medicina popular como laxante, purgante e até mesmo depurativa em certas enfermidades da pele. O café das sementes é estimulante, abortivo e tônico. (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2016).

1.2.2.3 *Cedrela odorata* L., *Meliaceae* (cedro)

Também conhecida como cedro-vermelho, cedro-rosa, acaju ou cedro-do-brejo e pertencente à família *Meliaceae*, *C. odorata* L. é uma espécie arbórea de comportamento decíduo e longevo (CARVALHO, 2010). A árvore pode atingir de 25 a 35 metros de altura e o diâmetro do tronco varia de 90 a 150 centímetros (PASSOS et al., 2008). O cedro é considerado madeira nobre, o que o tornou ameaçado de extinção pela procura excessiva (LORENZI, 2016). Seu elevado valor econômico deve-se ao fato de sua madeira possuir boa resistência mecânica e ser moderadamente resistente ao ataque de pragas (PASSOS et al., 2008). Além da exploração madeireira, essa espécie destaca-se também, por sua utilização na composição paisagística.

Com ocorrência em quase toda a América tropical, o cedro compõe naturalmente diversas formações florestais do Brasil, com exceção do Cerrado (PASSOS et al., 2008). O tronco é reto e cilíndrico, às vezes com sapopemas altas, medindo de 1 a 3 m de comprimento. A casca mede até 30 mm de espessura. Através de incisões na casca interna, distingue-se o cedro-vermelho facilmente, por seu cheiro peculiar (CARVALHO, 2010).

As ramificações são dicotômicas, constituindo uma copa densa, às vezes arredondada ou achatada, de tamanho variável. As folhas são compostas geralmente paripinadas. Os folíolos medem de 5 a 16 cm de comprimento, por 7 cm de largura e são sésses. As flores são curto-pediceladas, branco-esverdeadas ou fracamente brancas, com

cheiro desagradável. As pétalas são cobertas de pelos amarelados (CARVALHO, 2010).

Possui floração melífera. O fruto é uma cápsula piriforme, deiscente e lenhosa, contendo de 30 a 40 sementes. A semente é ovóide, parda e alada em uma de suas extremidades, possuindo dimensões de até 35 mm de comprimento (incluindo a asa), por 15 mm de largura (CARVALHO, 2010). Cada quilograma de sementes possui uma quantidade que varia de 21.000 a 24.000 unidades (DURIGAN et al., 2002).

O crescimento do cedro ocorre de forma relativamente rápida. Entretanto o monocultivo desta espécie é limitado pelo ataque da broca-do-cedro, principal praga desta cultura, que afeta negativamente o crescimento da planta e consequentemente inviabiliza o cultivo comercial (DURIGAN et al., 2002).

1.2.2.4 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, *Bignoniaceae* (ipê-amarelo)

Conhecido popularmente como pau-d'arco-amarelo, ipê-ovo-de-macuco, ipê-pardo, ipê-do-cerrado, ipê-amarelo-flor-de-algodão, ou simplesmente ipê-amarelo, esta espécie constitui-se como uma árvore nativa do Brasil. Pertencente à família Bignoniaceae, o ipê-amarelo é uma planta heliófita e decídua. Sua importância consiste na fabricação de produtos madeireiros e na utilização para fins ornamentais e medicinais, além de ser utilizada como flora apícola (MARTO; BARRICHELO; MULLER, 2006). É recomendado para reposição de mata ciliar, em locais não sujeitos a inundação (CARVALHO, 2014).

Possui aproximadamente 30 metros de altura e 80 cm de diâmetro, com tronco reto ou levemente tortuoso. Sua copa é alongada e alargada na base. As flores são de coloração amarelo-ouro e os frutos são secos e deiscentes, os quais lembram uma vagem. As sementes são aladas, brilhantes e esbranquiçadas, com dimensões de 2 a 3 cm de comprimento por 7 a 9 mm de largura (MARTO; BARRICHELO; MULLER, 2006).

As sementes desta espécie não apresentam dormência. Entretanto não toleram longos períodos de armazenamento, podendo permanecer viável por até 9 meses, quando armazenadas em vidro fechado e em câmara fria (CARVALHO, 2014).

1.2.2.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, *Bignoniaceae* (craibeira)

Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, conhecida vulgarmente como craibeira, caraibeira, caraíba, paratudo, ipê-caraíba etc., é uma espécie

nativa do Brasil e pode ser encontrada em todos os biomas brasileiros. Sua importância consiste na composição de paisagismos, na construção civil, na carpintaria, para fins medicinais, dentre outras (LORENZI, 2016).

Caracteriza-se como uma espécie de comportamento decíduo, podendo atingir até 20 m de altura e 40 cm de diâmetro, na fase adulta. O tronco é tortuoso e a casca mede até 20 mm de espessura. A copa é globosa, com ramos cilíndricos. As folhas são digitadas e a inflorescência é uma panícula terminal, com aproximadamente 70 flores (CARVALHO, 2008).

As flores são odoríferas e amplas. O cálice é castanho-esverdeado e a corola é amarelo-ouro. A árvore apresenta uma floração expressiva por aproximadamente um mês, durante a estação seca (julho a setembro) (SALOMÃO e FUJICHIMA, 2002). O fruto é uma cápsula loculicida bivalvar, de cinza-escura ou bege, linear e cilíndrica, com muitas sementes, as quais apresentam coloração branco-rosada (CARVALHO, 2008).

As sementes são dispersas por anemocoria. Contudo, não possuem longevidade, perdendo rapidamente sua capacidade germinativa. A reduzida viabilidade pode ser atribuída ao fato de haver um maior teor de lipídios nestas sementes, do que os compostos amiláceos e protéicos, em sua composição química (SALOMÃO e FUJICHIMA, 2002).

1.2.3 Morfometria de sementes

Os estudos morfométricos de sementes fornecem grande quantidade de caracteres taxonômicos e filogenéticos, além de apresentarem características básicas para a identificação de famílias, gêneros e até mesmo de espécies (PAOLI; BIANCONI, 2008; PAIVA SOBRINHO; SIQUEIRA, 2008).

A biometria das sementes também é útil na caracterização de aspectos ecológicos da planta, como a dispersão, estabelecimento de plântulas e fase da sucessão ecológica (MATHEUS; LOPES, 2007). De igual modo, a partir de conhecimentos estruturais da semente, pode-se obter indicações sobre armazenamento, viabilidade, vigor, métodos de semeadura e germinação (REGO et al., 2010; MATHEUS; LOPES, 2007), ou ainda, caracterizar problemas de dormência, tendo em vista que a maioria das espécies arbóreas florestais é propagada por sementes que apresentam esse mecanismo (MORAES, 2007; COELHO et al., 2010).

Características inerentes às sementes como forma, cor e tamanho, constituem importantes fatores na propagação de diferentes espécies vegetais (SILVA et al., 2016). Frutos

de *Mimosa caesalpinifolia* apresentaram 81% de germinação quando na cor marrom-opaco, típica de frutos maduros (FREITAS et al., 2013). Maia-Almeida et al. (2011), em seu trabalho com a espécie medicinal *P. umbellata*, destacaram que a coloração e a massa de sementes foram características essenciais na avaliação da homogeneidade fisiológica, do vigor, bem como do potencial e comportamento germinativo.

A classificação das sementes por tamanho ou por peso é uma estratégia que pode ser adotada para uniformizar a emergência das plântulas e para a obtenção de mudas homogêneas em tamanho e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Valores biométricos diversos em sementes intraespecíficas devem-se provavelmente a influência do ambiente, a qual se manifesta principalmente, através de variações no tamanho, peso, potencial fisiológico e sanitário (MARCOS FILHO, 2015).

O tamanho da semente é determinante para o sucesso do processo germinativo, o crescimento e sobrevivência da plântula, pois as sementes maiores resultam em plântulas mais vigorosas, que ao serem submetidas a condições ambientais variáveis se sobressairão às plântulas provenientes de sementes menores (MORAES; ALVES, 2002; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

1.2.4 Morfologia da germinação

Informações relacionadas à morfologia da germinação contribuem para ampliar o conhecimento relacionado ao processo reprodutivo das espécies vegetais, subsidiando as técnicas de produção de mudas. (GUERRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2006).

Estudos das fases pós-semeadura ampliam a obtenção do conhecimento de cunho morfológico e contribuem no aprendizado sobre a atuação das espécies (LEONHARDT et al., 2008). Tais conhecimentos sobre os aspectos morfológicos da germinação auxiliam na propagação das espécies vegetais, diante da interpretação e padronização dos testes de germinação, como também abordam a classificação da germinação em relação à posição dos cotilédones, auxiliando a identificação das espécies em condições naturais (ABUD et al., 2010).

O conhecimento das estruturas morfológicas da germinação também pode ser utilizado para identificação e na diferenciação de espécies em viveiros florestais, nos laboratórios de análise de sementes, na taxonomia e na silvicultura, além de permitir aos viveiristas, melhor controle e planejamento de produção de mudas (AMORIM et al., 2008; LEONHARDT et al., 2008).

Os estudos basillares de classificação morfofuncional de plântulas foram realizados considerando-se principalmente a posição, textura, exposição e função dos cotilédones durante o processo de germinação e crescimento inicial (RESSEL et al., 2004).

Quanto a posição, a germinação pode ser epígea, onde os cotilédones são elevados acima do nível do solo, ou hipógea, onde permanecem abaixo do nível do solo. Quanto a exposição cotiledonar, a germinação pode ser fanerocotiledonar (*phanero* = evidente) ou criptocotiledonar (*crypto* = escondido) e quanto a sua textura, os cotilédones podem ser carnosos ou foliáceos (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010).

Entretanto, a identificação de plântulas é uma atividade difícil, pois os caracteres morfológicos externos de uma planta, quando estão em estágios iniciais de desenvolvimento podem ser diferentes daqueles observados no indivíduo adulto (AMORIM et al., 2008; SOUSA et al., 2010).

1.2.5 Influência do meio ambiente no crescimento e desenvolvimento vegetal

A produção de mudas com alto vigor proporciona o aumento de chances de sucesso no estabelecimento da cultura, podendo dessa maneira reduzir o tempo necessário para manter as mudas em viveiro antes de transplantá-las para o campo. Problemas são enfrentados por produtores de mudas, que encontram dificuldade em determinar os fatores ambientais da fase de viveiro que podem alterar no desempenho das mudas no campo (LIMA et al., 2008).

São vários os fatores ambientais que interferem direta ou indiretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre estes, destaca-se: a luminosidade, a temperatura, a umidade relativa e a disponibilidade de água. A luminosidade é o fator mais determinante no crescimento das plantas, pois fornece energia para a fotossíntese, influenciando na produção de carboidratos, acúmulo de matéria seca e aumento da biomassa, promovendo assim, o crescimento vegetal (DANTAS et al., 2009; LONE et al., 2009).

Contudo, alta intensidade luminosa pode provocar graves danos ao aparato fotossintético (GONÇALVES et al., 2012), da mesma forma que baixas intensidades luminosas não fornecem suprimento adequado de energia, limitando também, o funcionamento da fotossíntese (GONÇALVES; MERENCO; VIEIRA, 2001). Dessa maneira, alterações nos níveis de luminosidade às quais uma espécie está adaptada podem proporcionar diferentes respostas fisiológicas em suas características anatômicas de crescimento, bioquímicas e de sobrevivência (RODRIGUES et al., 2005; ATROCH et al., 2001).

A radiação influencia o desenvolvimento, através da formação de clorofila, na determinação da direção do crescimento, na diferenciação celular e nos ritmos endógenos: fotoestimulação, fototropismo, fotoindução, fotomorfogênese e fotoperiodismo (LARCHER, 2006). Nesse contexto, a adaptação das plantas ao ambiente de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficaz e rapidamente possível (MELO; CUNHA, 2008; LONE et al., 2009).

A temperatura é outro fator considerado bastante importante para a vida de todos os seres vivos, exercendo grande influência em todas as atividades fisiológicas, por controlar as taxas das reações metabólicas nas células (MOLLO, 2009). Dependendo da espécie e de sua adaptabilidade às condições ambientais em que se encontra, em altas temperaturas o desenvolvimento do vegetal pode ficar comprometido, principalmente sob baixa disponibilidade hídrica.

Além disso, o aumento da temperatura pode alterar a estabilidade das membranas celulares, podendo prejudicar diferentes processos metabólicos, em especial a fotossíntese e a respiração celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Temperaturas em torno de 30°C promovem crescimento mais vigoroso da parte aérea das plantas, já o crescimento em extensão da raiz, geralmente pode ocorrer em uma vasta amplitude de temperatura (LARCHER, 2006).

A temperatura também exerce forte influência na germinação, sendo considerada ótima a temperatura na qual a semente expressa seu potencial máximo de germinação no menor espaço de tempo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; LOPES et al., 2005).

O efeito da umidade do ar influencia indiretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, pois interfere no poder de evaporação do ar, condicionando à transpiração, assim como, influencia na interação entre as plantas e micro-organismos (insetos pragas e patógenos) (MONTEIRO, 2009).

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F. *et al.* Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259–265, abr./jun. 2010.
- AMORIM, I. L. *et al.* Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) H. S. Irwin & Barneby - Leguminosae Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 507–516, jul./set. 2008.
- ATROCH, E. M. A. C. *et al.* Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, jul./set. 2001.
- BARBOSA, T. C.; RODRIGUES, R. R.; COUTO, H. T. Z. Tamanhos de recipientes e o uso de hidrogel no estabelecimento de mudas de espécies florestais nativas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 537–556, out./dez. 2013.
- BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In: JOLY, C. A. *et al.* (eds.). 1º **Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. p. 93-213.
- CARVALHO, P. E. R. **Cássia-Rósea**. Colombo: Embrapa florestas, 2006. 8 p.
- CARVALHO, P. E. R. Pau-d’arco-amarelo (*Handroanthus serratifolius*). In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa florestas, 2014. v. 5, p. 419-430.
- CARVALHO, P. E. R. Caraúba: *Tabebuia aurea*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa florestas, 2008. v. 3, p. 130-138.
- CARVALHO, P. E. R. Cedro-Vermelho: *Cedrela odorata*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa florestas, 2010. v. 4, p. 163-174.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Campinas: FUNEP, 2012. 590 p.
- COELHO, M. F. B. *et al.* Superação da dormência tegumentar em sementes de *Caesalpinia férrea* Mart ex Tul. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 74-79, jan./mar. 2010.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Manual de Arborização**. Belo Horizonte, 2011. 112 p.
- COSTA, R. S. *et al.* Aspectos morfológicos e influência do tamanho da semente na germinação do jambo-vermelho. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 117–120, abr. 2006.

- CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *amburana cearensis* (arr. cam.) a.c. smith - cumaru - leguminosae papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 2, p. 89–96, dez. 2003.
- DANTAS, B. F. *et al.* Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 413–423, abr./jun. 2009.
- DURIGAN, G. *et al.* **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 65 p.
- FREITAS, T. P. *et al.* Morfologia e caracterização da germinação em função da posição das sementes no fruto de sabiá. **Scientia Plena**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 1-9, mar. 2013.
- GONÇALVES, J. F. D. C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 149–157, jun. 2001.
- GONÇALVES, J. F. C. *et al.* Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Forest Science**, Piracicaba, v. 40, n. 5, p. 337–344, set. 2012.
- GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorffii* desf. (leguminosae-caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, p. 322–328, out./dez. 2006.
- HOPPE, J. M. **Produção de sementes e mudas florestais**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2004. 388 p. Disponível em: http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/livro_producao_de_sementes_e_mudas_florestais1.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.
- KAGEYAMA, P. Y. Diversidade das florestas tropicais deve ser preservada. **Visão Agrícola**, n. 4, p. 10-13, 2005. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-conservacao02.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.
- LARCHER, W. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. *In*: LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3. ed. São Carlos: Editora RiMa, 2006. p. 295–340.
- LEONHARDT, C. *et al.* Morfologia e desenvolvimento de plântulas de 29 espécies arbóreas nativas da área da Bacia Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 63, n. 1, p. 5–14, jan./jun. 2008.
- LIMA, J. D. *et al.* Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* mart. ex tul. (leguminosae, caesalpinioideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 5–10, 2008.
- LONE, A. B. *et al.* Desenvolvimento vegetativo de *Melocactus bahiensis* (cactaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, p. 199–203, mar./abr. 2009.

LOPES, J. C. *et al.* Influência da temperatura, substrato e luz na germinação de sementes de bortalha. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 18-24, dez. 2005.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, 2016. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 3, 2016. 384 p.

LORENZI, H.; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. V. *Adansonia digitata* L.: baobá. In: LORENZI, H.; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. **Árvores e arvoretas exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. 1 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2018. p. 279.

MAIA-ALMEIDA, C. I. *et al.* Comportamento germinativo de sementes de diferentes cores de pariparoba (*Pothomorphe umbellata* (L.) Miq). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 116-120, jan. 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015. 659 p.

MARTO, G. B. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MULLER, P. H. *Tabebuia alba* (ipê-amarelo): Identificação de espécies florestais. Piracicaba: IPEF, 2006. 5 p.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 8-17, fev. 2007.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 67-77, jan. 2008.

MOLLO, L. **Efeito da temperatura no crescimento, no conteúdo e na composição de carboidratos não-estruturais de plantas de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms (Bromeliaceae) cultivadas in vitro**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade vegetal e meio ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2009.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2009.

MORAES, J. V. **Morfologia e germinação de sementes de *Poecilanthe parviflora* Bentham (Fabaceae - Faboideae)**. 2007. 49 f. Dissertação (Mestrado em Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MORAES, P. L. R.; ALVES, M. C. Biometria de frutos e diásporos de *Cryptocarya aschersoniana* Mez e *Cryptocarya moschata* Nees (Lauraceae). **Biota Neotropica**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-11, abr. 2002.

- MUTEIA, H. A importância das florestas para um mundo melhor. **O País**, Lisboa, ano 12, 21 mar. 2014. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/lisbon/docs/O_Pa%C3%ADs_21_3_2014.pdf. Acesso em: 29 set. 2019, 10:15.
- NOGUEIRA, F. C. B.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) – Fabaceae. **Acta Botânica Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 978-985, out. 2010.
- PAIVA SOBRINHO, S.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* lam. - sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 114–120, 2008.
- PAOLI, A. A. S.; BIANCONI, A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pseudima frutescens* (aubl.) radlk. (sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 146–155, 2008.
- PASSOS, M. A. A. *et al.* Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 281-284, fev. 2008.
- PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2017.
- RAHUL, J. *et al.* *Adansonia digitata* L. (baobab): A review of traditional information and taxonomic description. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s.l.], v. 1, n. 5, p. 79-84, jan. 2015.
- REGO, S. S. *et al.* Caracterização morfológica do fruto, da semente e do desenvolvimento da plântula de *Blepharocalyx salicifolius* (H.B.K.) berg. e *Myrceugenia gertii* landrum - myrtaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 52–60, 2010.
- RESSEL, K. *et al.* Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 311-323, abr./jun. 2004.
- RIVERS, M.; OLDFIELD, F.; SMITH, P. P. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, [s.l.], v. 36, n. 5, p. 454-489, 2017.
- RODRIGUES, P. H. V. *et al.* Acclimatization of micropropagated *heliconia bihai* (heliconiaceae) plants. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 3, p. 299–301, mai./jun. 2005.
- SALOMÃO, A. N.; FUJICHIMA, A. G. Respostas de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (Bignoniaceae) à dessecação e ao congelamento em temperaturas subzero. **Embrapa**, Brasília, v. 1, n. 76, p. 1-4, 2002.
- SILVA, A. G. *et al.* Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 49-54, jun. 2016.

SOUSA, D. M. M. *et al.* Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Tamarindus indica* L. Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1009–1015, nov./dez. 2010.

SOUZA, V. C.; BORTOLUZZI, R. L. C. Cassia. *In*: SOUZA, V. C.; BORTOLUZZI, R. L. C. **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB82791>. Acesso em: 12 nov. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VECHIATO, M. H.; PARISI, J. J. D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 27-32, jan./jun. 2013. Disponível em: http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v75_1/vechiato.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

2 CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DE SEMENTES DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS

RESUMO

A caracterização biométrica de sementes consiste na avaliação dos seus aspectos morfológicos. Objetivou-se realizar a caracterização morfométrica das sementes de cinco espécies arbóreas tropicais: *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira). As sementes de ipê-amarelo e de cedro foram adquiridas de Codó-MA e de Birigui-SP, respectivamente. Os frutos e sementes das demais espécies estudadas foram coletadas de matrizes existentes em municípios cearenses. O beneficiamento foi realizado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU/UFC). As sementes foram analisadas quanto à forma, cor e consistência do tegumento. Na análise biométrica se utilizou uma amostra contendo 100 diásporos, onde foram mensurados o comprimento, a largura e a espessura, além disso, foi determinado o peso de mil sementes de cada espécie. Com os dados biométricos, gerou-se histogramas, polígonos de frequência e boxplots, além do cálculo das estatísticas descritivas. As sementes apresentaram as seguintes características: baobá - formato reniforme, tegumento duro, coloração marrom avermelhado, dimensões de 10,33 x 8,07 x 6,37 mm e peso de mil sementes de 344,76 g; cássia-rósea - formato obovóide, tegumento duro, coloração marrom avermelhado brilhante, 16,35 x 12,40 x 4,76 mm de tamanho e peso de mil sementes de 781,83 g; cedro - formato ovóide e expansão laminar apical aliforme, tegumento de textura rugosa nas faces e lisa no dorso, coloração marrom avermelhado escuro, dimensões de 31,88 x 5,34 x 1,36 mm e peso de mil sementes de 43,33 g; ipê-amarelo - formato bilobado, tegumento acetinado brilhante, coloração amarelo claro, 10,10 x 6,83 x 0,98 mm de tamanho e peso de mil sementes, sem alas, igual a 51,08 g; craibeira - formato bilobado, tegumento tenro e liso, cor marrom amarelado brilhante, dimensões de 14,03 x 10,16 x 0,89 mm e peso de mil sementes de 78,45 g. O número de sementes por quilograma, em ordem crescente de grandeza foi o seguinte: cássia (1.280); baobá (2.900); craibeira (12.747); ipê-amarelo (19.576); cedro (23.081). A análise biométrica das sementes e a distribuição de frequências, permite classificá-las por tamanho, através da utilização de peneiras.

Palavras-chave: Análise morfométrica. Peso de mil sementes. Distribuição de frequência

2 CHAPTER 2 - SEEDS CHARACTERIZATION OF FIVE TROPICAL TREE SPECIES

ABSTRACT

The biometric characterization of seeds consists of the evaluation of their morphological aspects. The objective was to perform the morphometric characterization of the seeds of five tropical tree species: *Adansonia digitata* L. (“baobá”), *Cassia grandis* L.f. (“cássia-rosa”), *Cedrela odorata* L. (“cedro”), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (“ipê-amarelo”) and *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (“craibeira”). The ipê-amarelo and cedar seeds were acquired from Codó-MA and Birigui-SP, respectively. The fruits and seeds of the other studied species were collected from existing matrices in Ceará municipalities. The processing was carried out at the Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU/UFC). The seeds were analyzed for the shape, color and consistency of the integument. In the biometric analysis, a sample containing 100 diaspores was used, where the length, width and thickness were measured, in addition, the weight of a thousand seeds of each species was determined. With the biometric data, histograms, frequency polygons and boxplots were generated, in addition to the calculation of descriptive statistics. The seeds presented the following morphometric characteristics: baobá - reniform shape, hard integument, reddish brown color, dimensions of 10.33 x 8.07 x 6.37 mm and weight of a thousand seeds of 344.76 g; cassia-rosea - obovoid shape, hard integument, bright reddish brown color, 16.35 x 12.40 x 4.76 mm of size and weight of a thousand seeds of 781.83 g; cedro - ovoid shape and aliform apical laminar expansion, integument with rough texture on the cheeks and smooth on the back, dark reddish brown color, dimensions of 31.88 x 5.34 x 1.36 mm and weight of a thousand seeds of 43.33 g; ipê-amarelo - bilobed shape, shiny satin integument, light yellow color, 10.10x6.83x0.98 mm of size and weight of a thousand seeds, without wings, equal to 51.08 g; craibeira - bilobed shape, tender and smooth integument, bright yellowish brown color, dimensions of 14.03x10.16x0.89 mm and weight of a thousand seeds of 78.45 g. The number of seeds per kilogram, in ascending order of magnitude, was as follows: cassia (1,280); baoba (2,900); craibeira (12,747); ipê-amarelo (19,576); cedro (23,081). The biometric analysis of the seeds and the distribution of frequencies, allows to classify them by size, through the use of sieves.

keywords: Morphometric analysis. Weight of a thousand seeds. Frequency distribution.

2.1 Introdução

As sementes caracterizam-se como estruturas portadoras de variabilidade genética, sendo fundamental para a perpetuação das espécies vegetais, uma vez que atuam como a principal unidade de dispersão e reprodução vegetal (COSTA; FONTES; MORAIS, 2013). As sementes das angiospermas são formadas basicamente por tecido meristemático (eixo embrionário), tecido de reserva (endospermático ou cotiledonar) e tecido de proteção (tegumento ou casca) (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

As sementes apresentam determinados atributos físicos que são inerentes a sua espécie, tais como forma, cor e tamanho. Essas características, constituem importantes fatores na propagação vegetal (SILVA et al., 2016). Entretanto, sob a influência de fatores ambientais diversos, podem apresentar variações morfológicas entre indivíduos de uma mesma espécie (ABUD et al., 2010). A diversidade morfológica de sementes, constitui adaptações para a sua dispersão, por diferentes meios (CASTELLANI et al., 2008).

Na maioria dos casos, o tamanho da semente não afeta sua germinação, contudo afeta significativamente o vigor da plântula. Sendo assim, sementes maiores resultam em plântulas mais vigorosas, que ao serem submetidas a condições ambientais variáveis se sobressairão às plântulas provenientes de sementes menores (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A caracterização biométrica de sementes consiste na avaliação dos aspectos morfológicos dessa estrutura, através da qual, é possível obter informações sobre a germinação e identificar casos de dormência, como a ocasionada por tegumento impermeável (SILVA et al., 2017; CASTELLANI et al., 2008). Esse conhecimento permite traçar estratégias que maximizem a uniformização de emergência das plântulas. Consequentemente, favorecerá a obtenção de mudas homogêneas tanto em tamanho, quanto em vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Outrossim, permite inferências sobre a determinação de famílias, gêneros e espécies, constituindo importantes fontes para subsidiar a escolha de espécies em programas de recuperação de áreas degradadas e conservação ecológica (DUTRA; MEDEIROS FILHO; DINIZ, 2008). Apresenta-se também, como uma técnica importante, no processo de investigação da influência dos fatores ambientais, associados a variabilidade genética em populações de uma mesma espécie (GONÇALVES et al., 2013).

As informações obtidas pela biometria podem auxiliar ainda, na conservação e exploração racional dos recursos naturais com valor econômico, na distinção entre espécies

congêneres, ou ainda no direcionamento de trabalhos de melhoramento vegetal (BATTILANI; SANTIAGO; DIAS, 2011; BEZERRA et al., 2014; CHRISTRO et al., 2012). Contudo, estudos morfométricos de sementes, ainda são relativamente exíguos para várias espécies lenhosas, necessitando, portanto, de mais pesquisas na área.

Diante disso, objetivou-se realizar a caracterização morfométrica das sementes de cinco espécies arbóreas tropicais: *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira).

2.2 Material e métodos

O experimento foi instalado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, em Fortaleza-CE.

2.2.1 Aquisição das sementes

Com exceção do cedro e do ipê-amarelo, os frutos e/ou sementes das demais espécies estudadas, foram coletados de matrizes existentes em Fortaleza, em Maranguape e em Baturité, municípios cearenses. As sementes de ipê-amarelo foram adquiridas de Codó-MA e as de cedro, de Birigui-SP.

Após a coleta, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados e transportados para o NEPAU/UFC.

2.2.2 Beneficiamento

As sementes provenientes de frutos secos foram extraídas com o auxílio de ferramentas, como faca e martelo. As provenientes de frutos carnosos foram retiradas com auxílio de uma peneira, sendo maceradas suavemente e lavadas em água corrente para remoção da polpa.

Após a extração manual das sementes, estas foram submetidas a secagem. Em seguida, as visualmente viáveis foram acondicionadas em recipientes, permanecendo em um refrigerador com temperatura variável de 6 a 10°C, para serem utilizadas durante a realização dos experimentos.

2.2.3 Caracterização das sementes

As sementes das espécies foram analisadas considerando-se seus aspectos morfológicos e biométricos.

2.2.3.1 Análise morfológica

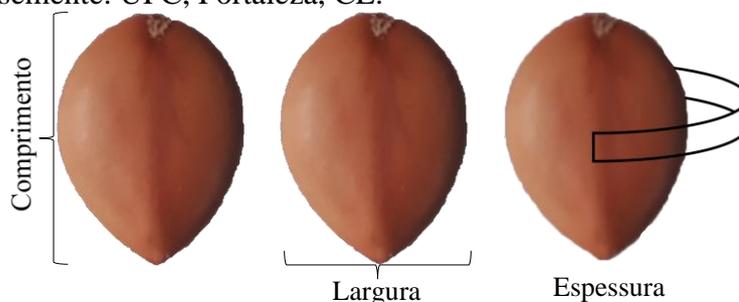
Na avaliação morfológica, as sementes foram analisadas quanto à forma, cor e consistência do tegumento. As descrições do formato das sementes foram realizadas conforme Brasil (2009a). A coloração do tegumento das sementes foi descrita tendo como base a cartilha de Munsell (MUNSELL, 1994), onde se observou os seguintes parâmetros: matiz (M), valor (V) e croma (C).

2.2.3.2 Análise biométrica

Para a determinação do grau de umidade e do peso de mil sementes seguiu-se metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes-RAS (BRASIL, 2009b).

Para a mensuração das sementes, retirou-se aleatoriamente do lote, uma amostra contendo 100 diásporos e utilizou-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. O comprimento foi medido do ápice à base; a largura, da lateral direita à esquerda e a espessura, de uma face à outra da semente, na região intermediária (Figura 1).

Figura 1: Mensuração das características biométricas da semente. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Nas mensurações realizadas nas sementes de craibeira e ipê-amarelo, desconsiderou-se as porções alares.

2.2.4 Análise e representação dos dados

Para representação dos dados biométricos das sementes foram gerados histogramas, polígonos de frequência e boxplots, sendo o cálculo das estatísticas descritivas realizadas com auxílio do Software Microsoft®Excel 2016.

2.3 Resultados

Os resultados morfométricos das sementes das cinco espécies estão descritos e representados nas figuras 2 a 21.

2.3.1 *Adansonia digitata* L. (baobá)

Figura 2: Sementes de *Adansonia digitata* L. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

As sementes de baobá possuem formato reniforme, com tegumento duro e rugoso, apresentando coloração predominantemente M – 5YR, V – 4 e C – 4 (marrom avermelhado). Na porção hilar, a coloração é M – 5YR, V – 3 e C – 2 (marrom avermelhado escuro). Na região dorsal (oposta ao hilo) a tonalidade é M – 2,5YR, V – 2 e C – 4 (marrom avermelhado muito escuro) (Figura 2).

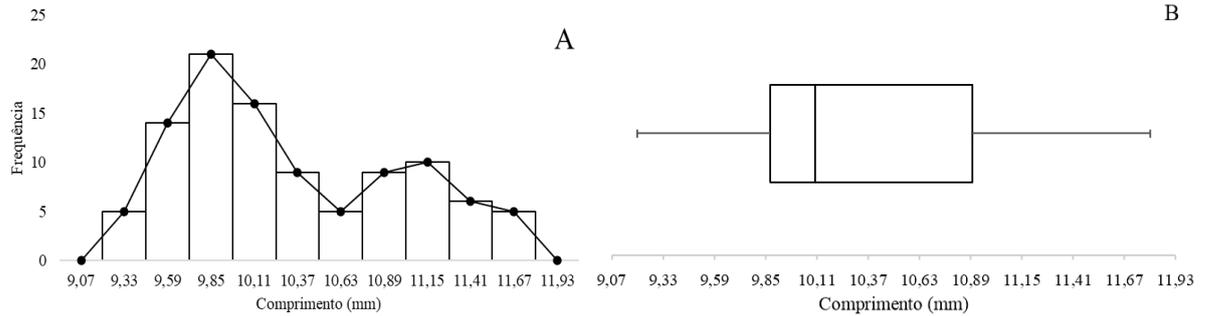
As sementes utilizadas apresentaram teor de água de 12,0%. Nessas condições, o peso de mil sementes obtido foi de 344,76 g, com um desvio padrão de 0,93 g e Coeficiente de Variação (CV) de 2,70%, ou seja, um quilograma contém aproximadamente 2.900 sementes.

As sementes apresentaram comprimento médio de 10,33 mm, mediana de 10,10 mm e moda igual a 9,91 mm. O desvio padrão foi 0,66 mm, resultando em um CV foi 6,40%.

A representação gráfica do histograma e polígono de frequência apresentou uma distribuição bimodal, com maior frequência (21%) das sementes com 9,85 mm de comprimento (Figura 3A).

No boxplot (Figura 3B), observa-se no 1º quartil (25%) amostras que variam de 9,21 a 9,88 mm de comprimento, no 2º quartil (50%) amostras com até 10,10 mm e no 3º quartil (75%) amostras com até 10,90 mm de comprimento.

Figura 3 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de *Adansonia digitata* L. UFC, Fortaleza, CE.

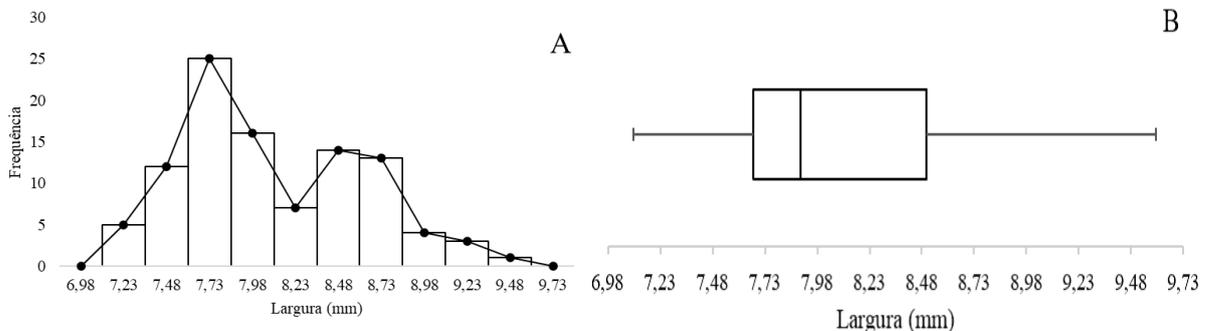


Fonte: autora (2020)

No parâmetro largura, obteve-se média de 8,07 mm e mediana e moda de 7,90 mm. O desvio padrão foi de 0,54 mm e o CV de 6,72%. Na representação gráfica observa-se uma distribuição bimodal, com maior frequência (25%) das sementes cuja largura é igual a 7,73 mm (Figura 4A).

No 1º quartil, a largura das amostras varia de 7,10 a 7,68 mm, no 2º quartil, as amostras atingem 7,90 mm e no 3º quartil, há amostras com até 8,51 mm de largura (Figura 4B).

Figura 4 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de *Adansonia digitata* L. UFC, Fortaleza, CE.

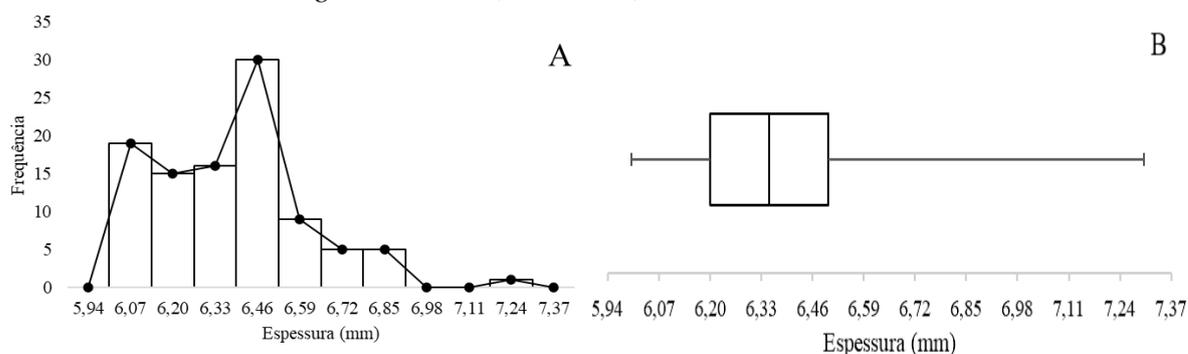


Fonte: autora (2020)

Os dados relacionados à espessura das sementes, apresentaram média de 6,37 mm, mediana de 6,35 mm e moda de 6,40mm. O desvio padrão foi de 0,23 mm e o CV foi de 3,67%. Os dados resultaram em uma distribuição bimodal, com assimetria à direita, com mínimo e máximo de 6,07 mm e 7,24 mm, respectivamente (Figura 5A). A maior frequência (30%) observada nas sementes foi de 6,46 mm.

No 1º quartil (25%) foram obtidas amostras com 6,20 mm de espessura, no 2º quartil (50%), amostras com até 6,35 mm, e no 3º quartil (75%) amostras com até 6,50 mm de espessura (Figura 5B).

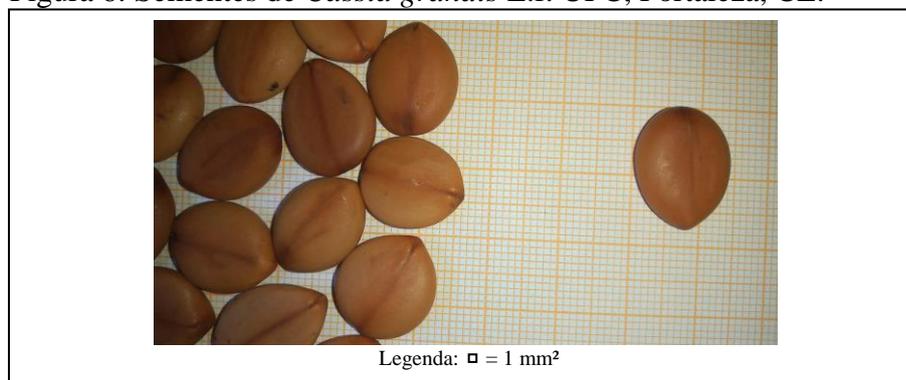
Figura 5 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de *Adansonia digitata* L. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

2.3.2 *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea)

Figura 6: Sementes de *Cassia grandis* L.f. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

As sementes de cássia-rósea apresentam formato obovóide, com ápice arredondado e base levemente aguda. O tegumento é rígido, sendo a superfície lisa e brilhante, de coloração M – 5YR, V – 5 e C – 6 (marrom avermelhado brilhante). No centro de ambas as faces, há uma linha longitudinal (do ápice a base) de cor M – 2,5YR, V – 5 e C – 6 (marrom brilhante). A face é plana de um lado e carenada do outro (Figura 6).

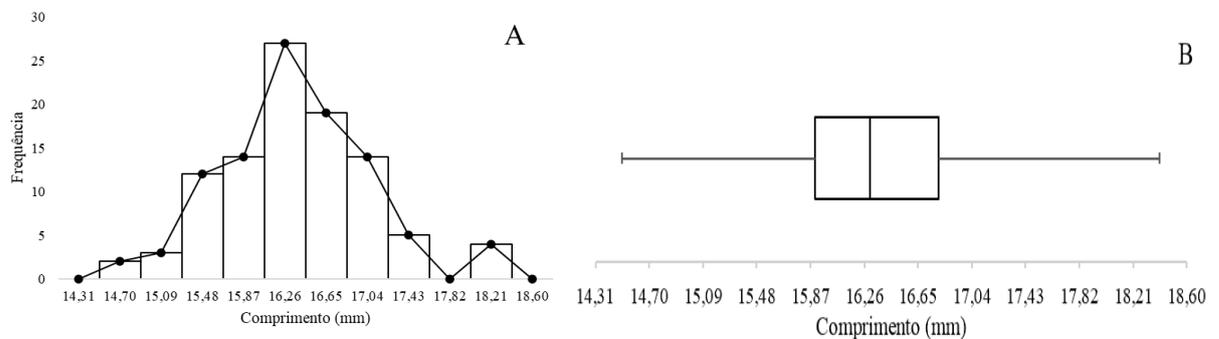
O teor de água das sementes foi de 16,2%, assim, o peso de mil sementes correspondeu a 781,83 g, com um desvio padrão de 1,97 g e CV de 2,52%. Portanto, um quilograma de sementes dessa espécie contém aproximadamente 1.280 unidades.

Com relação ao comprimento das sementes, obteve-se uma média de 16,35 mm e moda e mediana de 16,30 mm. O desvio padrão foi 0,74 mm e o coeficiente de variação (CV) foi de 4,55%.

O histograma e polígono de frequência apresentaram distribuição bimodal, com maior frequência (27%) das sementes com 16,26 mm de comprimento (Figura 7A).

No boxplot (Figura 7B), observa-se no 1º quartil (25%), o comprimento das amostras variando de 14,50 a 15,91 mm, no 2º quartil (50%), as amostras atingem 16,32 mm e no 3º quartil (75%), há amostras com até 16,84 mm.

Figura 7 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de *Cassia grandis* L.f. UFC, Fortaleza, CE.

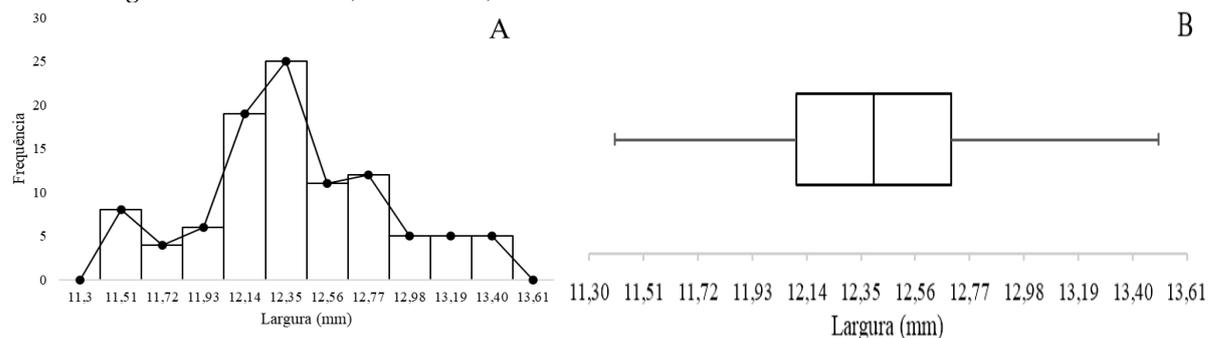


Fonte: autora (2020)

Na mensuração da largura das sementes, a média, a moda e a mediana foi de 12,40 mm. O desvio padrão foi de 0,48 mm e o CV foi de 3,83%. Na representação gráfica observa-se maior frequência (25%) das sementes com largura de 12,35 mm (Figura 8A).

No 1º quartil do boxplot (Figura 8B), estão representadas amostras cuja largura varia de 11,41 a 12,10 mm. No 2º e 3º quartil, estão compreendidas as amostras com até 12,42 mm e 12,71 mm, respectivamente.

Figura 8 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de *Cassia grandis* L.f. UFC, Fortaleza, CE.

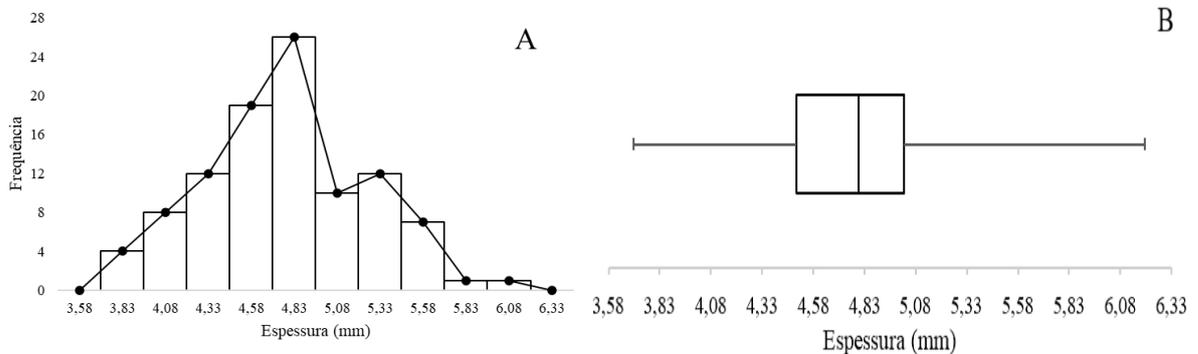


Fonte: autora (2020)

Na avaliação da espessura das sementes, obteve-se média de 4,76 mm, moda de 4,60 mm e mediana de 4,80 mm. O desvio padrão foi de 0,47 mm, com um CV de 9,89%. Os dados obtidos resultaram em uma distribuição bimodal, com assimetria à direita, apresentando espessura mínima e máxima de 3,83 e 6,08 mm, respectivamente (Figura 9A). A maior frequência (26%) obtida foi de 4,83 mm.

No 1º quartil foram obtidas amostras com espessura variando de 3,70 a 4,49 mm; no 2º quartil, amostras com até 4,81 mm e no 3º quartil, amostras com até 5,04 mm de espessura (Figura 9B).

Figura 9 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de *Cassia grandis* L.f. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

2.3.3 *Cedrela odorata* L. (cedro)

Figura 10: Sementes de *Cedrela odorata* L. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Apresentando formato ovóide e expansão laminar apical aliforme, as sementes de cedro são leves e planas, com tegumento de textura rugosa nas faces e textura lisa no dorso. A coloração tegumentar é M – 5YR, V – 3 e C – 2 (marrom avermelhado escuro) e a coloração

alar é M – 5YR, V – 4 e C – 2 (cinza avermelhado escuro) na base e M – 10YR, V – 6 e C – 8 (marrom amarelado brilhante) no ápice (Figura 10).

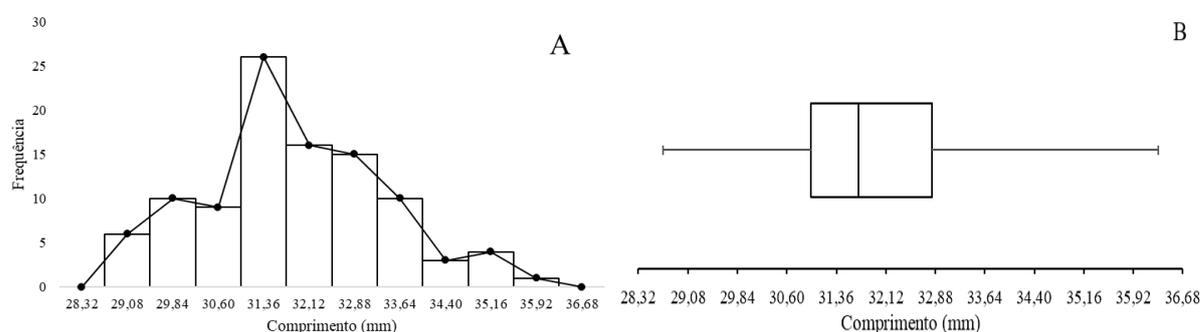
O teor de água das sementes foi de 14,3%, resultando em um peso de mil sementes de 43,33 g, com um desvio padrão de 0,15 g e CV de 3,46%. Portanto, um quilograma de sementes dessa espécie contém aproximadamente 23.081 unidades.

As sementes apresentaram comprimento médio de 31,88 mm, moda de 32,10 mm e mediana de 31,70 mm. O desvio padrão foi de 1,51 mm, com CV de 4,75%.

O histograma e polígono de frequência apresentaram distribuição assimétrica à direita, com maior frequência (26%) das sementes com 31,36 mm de comprimento (Figura 11A).

No boxplot (Figura 11B), observa-se no 1º quartil (25%), o comprimento das amostras variando de 28,70 a 30,98 mm. No 2º quartil (50%), as amostras atingem 31,70 mm e no 3º quartil (75%), há amostras com até 32,83 mm.

Figura 11 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de *Cedrela odorata* L. UFC, Fortaleza, CE.

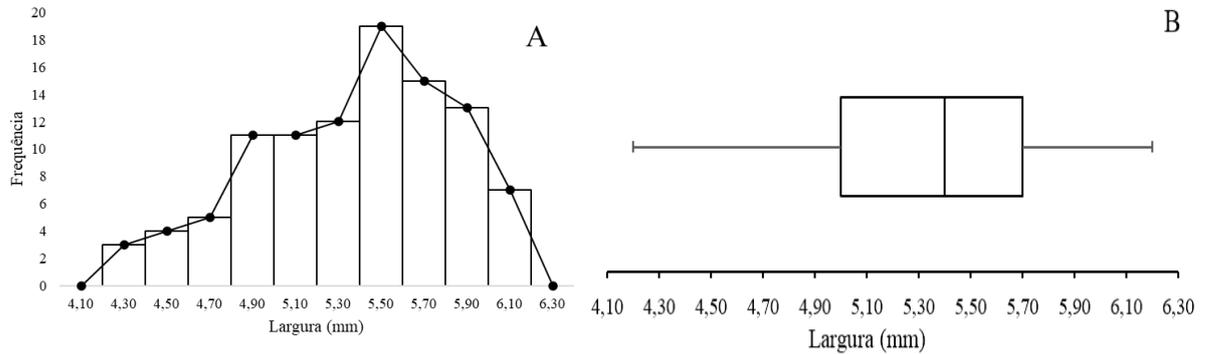


Na avaliação da largura das sementes, obteve-se média de 5,34 mm, moda de 5,50 mm e mediana de 5,40 mm. O desvio padrão foi de 0,47 mm e o CV foi de 8,85%.

Na representação gráfica observa-se uma distribuição assimétrica à esquerda, com maior frequência (19%) das sementes apresentando largura de 5,50 mm (Figura 12A).

No 1º quartil do boxplot (Figura 12B), estão representadas as amostras cuja largura varia de 4,20 a 5,00 mm. No 2º e 3º quartil, estão compreendidas as amostras com até 5,40 e 5,70 mm de largura, respectivamente.

Figura 12 – Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de *Cedrela odorata* L. UFC, Fortaleza, CE.

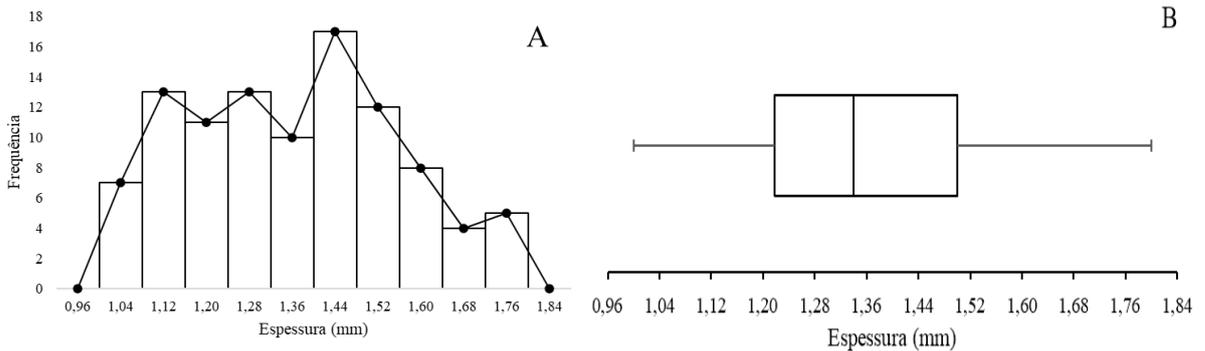


Fonte: autora (2020)

Na análise da espessura das sementes, obteve-se média de 1,36 mm e moda e mediana de 1,34 mm. O desvio padrão foi de 0,20 mm, com um CV de 14,38%. Os dados obtidos resultaram em uma distribuição multimodal. A espessura mínima e máxima foi de 1,04 e 1,76 mm, respectivamente (Figura 13A). A maior frequência obtida (17%) foi de 1,44 mm.

No boxplot (Figura 13B), observa-se no 1º quartil, amostras com espessura variando de 1,00 a 1,22 mm. No 2º quartil, amostras com até 1,34 mm e no 3º quartil, amostras com até 1,50 mm de espessura (Figura XB).

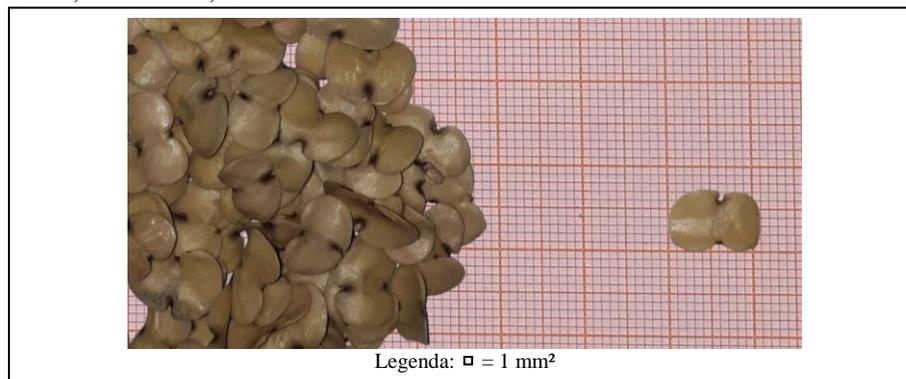
Figura 13 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de *Cedrela odorata* L. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

2.3.4 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (*ipê-amarelo*)

Figura 14: Sementes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Com alas bilaterais fibrosas, as sementes de ipê-amarelo possuem cotilédones de formato bilobado, com tegumento acetinado brilhante, apresentando coloração M – 5Y, V – 7 e C – 4 (amarelo claro) (Figura 14).

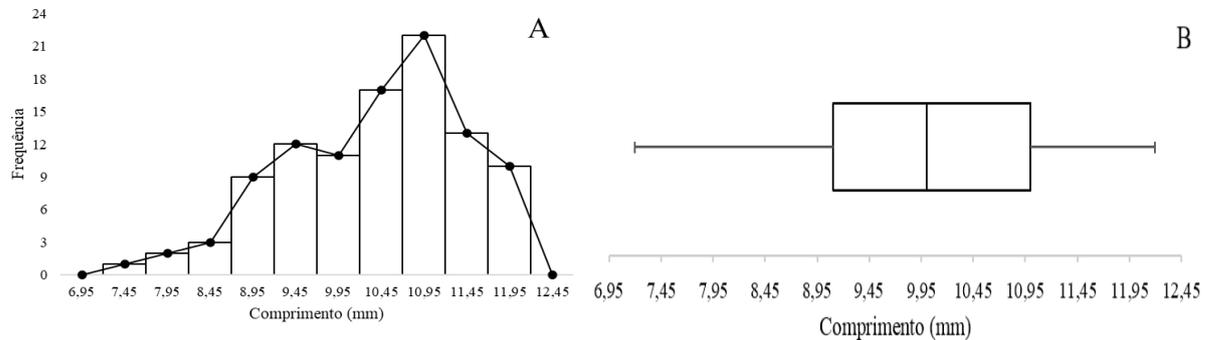
As sementes utilizadas apresentaram teor de água de 5,7%. Consequentemente, o peso de mil sementes obtido foi de 51,08 g, com um desvio padrão de 0,16 g e CV de 3,18%, ou seja, um quilograma contém aproximadamente 19.576 sementes.

As sementes apresentaram comprimento médio de 10,10 mm e moda e mediana de 10,00 mm. O desvio padrão foi de 1,05 mm e o CV foi de 10,42%.

A representação gráfica do histograma e polígono de frequência apresentou uma distribuição assimétrica à esquerda, com maior frequência (22%) das sementes contendo 10,95 mm de comprimento (Figura 15A).

No boxplot (Figura 15B), observa-se no 1º quartil (25%) amostras que variam de 7,20 a 9,10 mm de comprimento. No 2º quartil (50%), estão contidas as amostras com até 10,00 mm e no 3º quartil (75%) amostras com até 11,00 mm de comprimento.

Figura 15 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE.



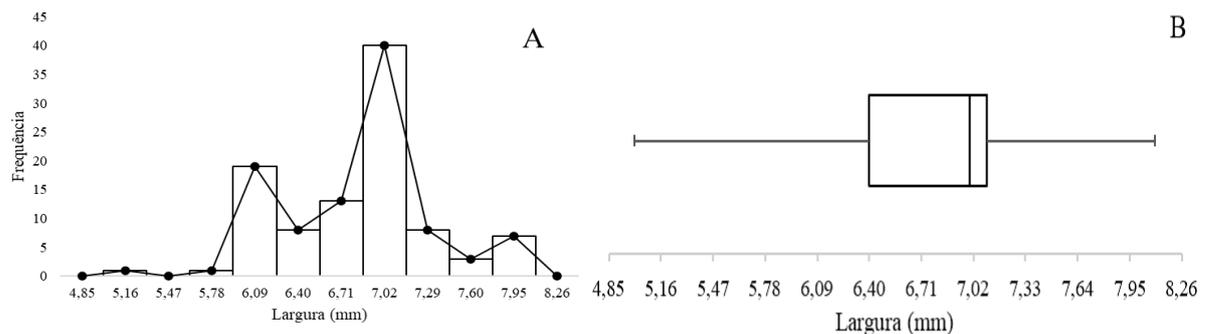
Fonte: autora (2020)

Para a largura das sementes, obteve-se média de 6,83 mm e moda e mediana de 7,00 mm. O desvio padrão foi de 0,56 mm e o CV foi de 8,17%.

Na representação gráfica observa-se uma distribuição multimodal, com mínimo e máximo de 5,16 e 7,95 mm, respectivamente. A maior frequência (40%) observada correspondeu as sementes com largura de 7,02 mm (Figura 16A).

No 1º quartil do boxplot (Figura 16B), estão representadas as amostras cuja largura varia de 5,00 a 6,40 mm. No 2º e 3º quartil, estão compreendidas as amostras com até 7,00 e 7,10 mm de largura, respectivamente.

Figura 16 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE.

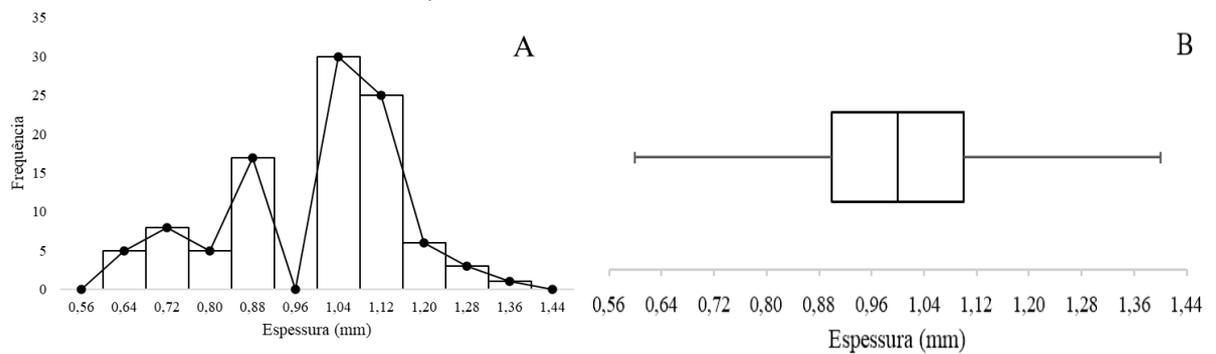


Fonte: autora (2020)

Na avaliação da espessura das sementes, obteve-se média de 0,98 mm e moda e mediana de 1,00 mm. O desvio padrão foi de 0,17 mm, com um CV de 17,07%. Os dados obtidos resultaram em uma distribuição multimodal. A espessura mínima e máxima foi de 0,64 e 1,36 mm, respectivamente (Figura 17A). A maior frequência obtida (30%) foi de 1,04 mm.

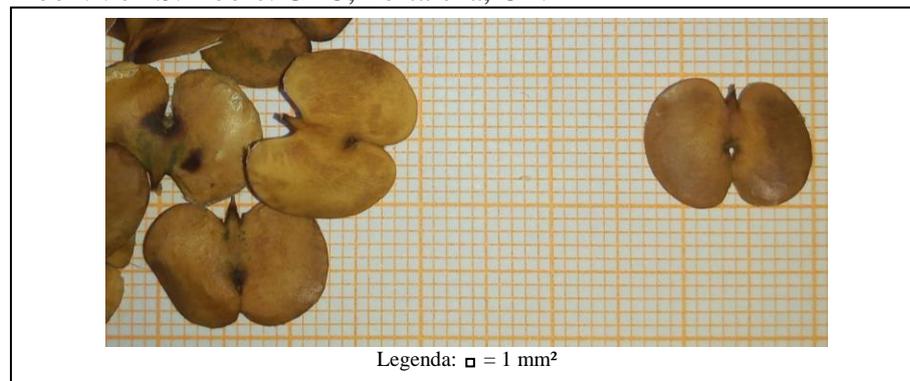
No boxplot (Figura 17B), observa-se no 1º quartil, amostras com espessura variando de 0,60 a 0,90 mm. No 2º quartil, há amostras com até 1,00 mm e no 3º quartil, amostras com até 1,10 mm de espessura.

Figura 17 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE.



2.3.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (*craibeira*)

Figura 18: Sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE.



Com alas membranáceas bilaterais e núcleo seminífero central, as sementes de craibeira possuem cotilédones de formato bilobado, levemente assimétricos, com tegumento tenro e liso, apresentando coloração M – 25YR, V – 7 e C – 6 (marrom amarelado brilhante) (Figura 18).

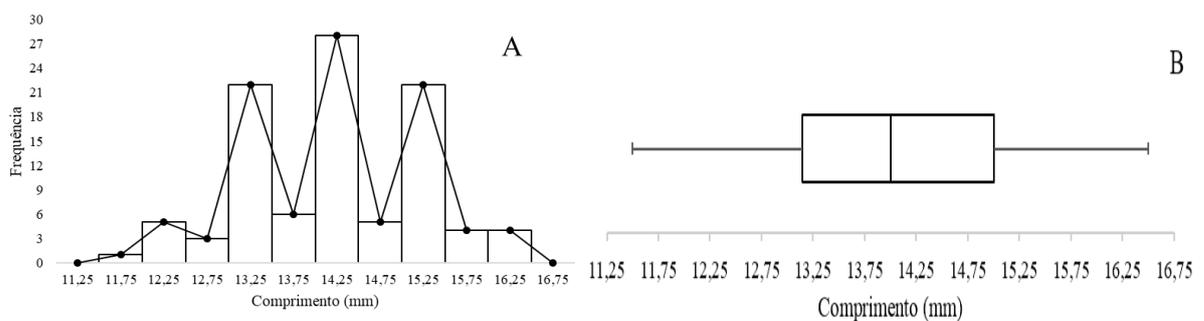
As sementes utilizadas continham 7,8% de água em sua composição. Diante disto, o peso de mil sementes foi de 78,45 g, com um desvio padrão de 0,25 g e CV de 3,13%, consequentemente, um quilograma contém aproximadamente 12.747 sementes.

As sementes apresentaram comprimento médio de 14,03 mm e moda e mediana de 14,00 mm. O desvio padrão foi 1,02 mm e o CV foi de 7,28%.

A representação gráfica do histograma e polígono de frequência apresentou uma distribuição multimodal, com mínimo e máximo de 11,75 e 16,25 mm, respectivamente. Observou-se maior frequência (28%) das sementes contendo 14,25 mm de comprimento (Figura 19A).

No boxplot (Figura 19B), observa-se no 1º quartil (25%) amostras que variam de 11,50 mm a 13,15 mm de comprimento. No 2º quartil (50%) as amostras atingem até 14,00 mm e no 3º quartil (75%) há amostras com até 15,00 mm de comprimento.

Figura 19 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) do comprimento de 100 sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE.

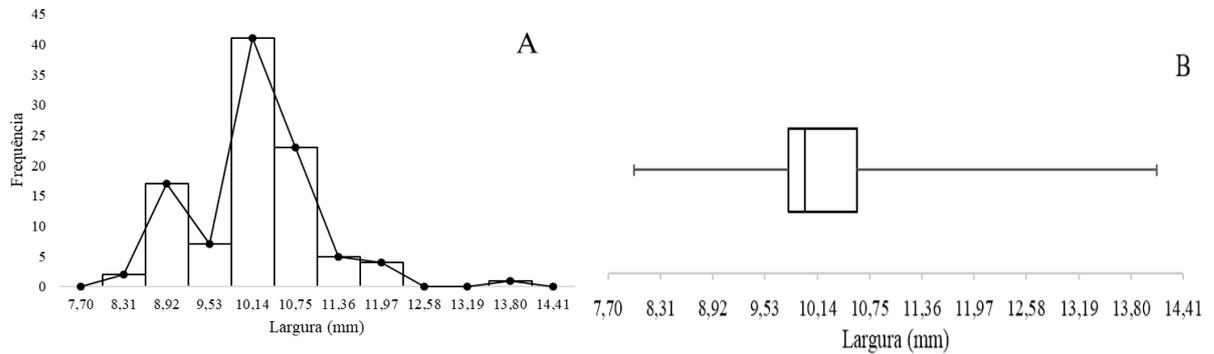


Na avaliação da largura das sementes, obteve-se média de 10,16 mm e moda e mediana de 10,00 mm. O desvio padrão foi de 0,87 mm e o CV foi de 8,60%.

Na representação gráfica observa-se uma distribuição bimodal, com assimetria à direita, apresentando maior frequência (41%) das sementes apresentando largura de 10,14 mm (Figura 20A).

No 1º quartil do boxplot (Figura 20B), estão representadas as amostras cuja largura varia de 8,00 a 9,80 mm. No 2º e 3º quartil, estão compreendidas as amostras com até 10,00 e 10,60 mm de largura, respectivamente.

Figura 20 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da largura de 100 sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE.

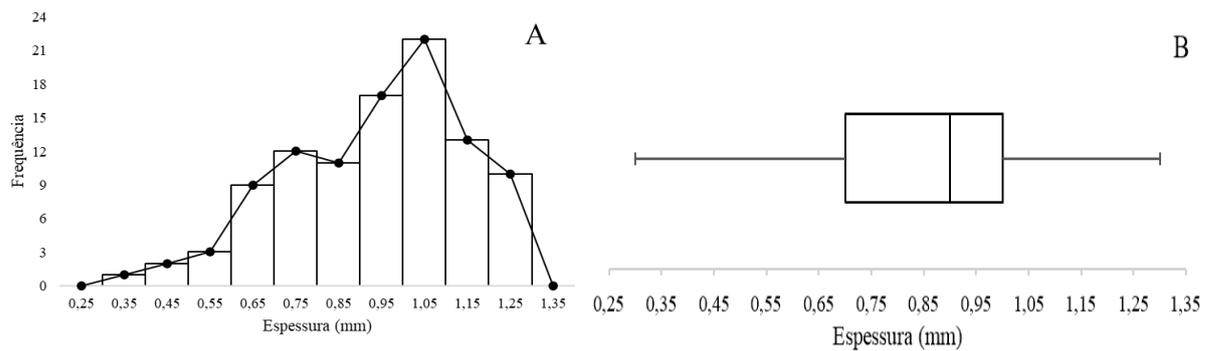


Fonte: autora (2020)

Na análise da espessura das sementes, se obteve média de 0,89 mm, moda de 1,00 mm e mediana de 0,90 mm. O desvio padrão foi de 0,21 mm, com um CV de 23,98%. Os dados obtidos resultaram em uma distribuição bimodal, com assimetria à esquerda (Figura 21A). Observou-se maior frequência (22%) nas sementes com 1,05 mm de espessura.

No boxplot (Figura 21B), observa-se no 1º quartil, amostras com espessura variando de 0,30 a 0,70 mm. No 2º quartil, há amostras com até 0,90 mm e no 3º quartil, amostras com até 1,00 mm de espessura (Figura 21B).

Figura 21 - Histograma e polígono de frequência (A) e boxplot (B) da espessura de 100 sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE, 2020.



Fonte: autora (2020)

2.4 Discussão

O beneficiamento de sementes desenvolveu-se de forma a possibilitar que sementes de várias espécies sejam separadas por suas características físicas, tendo em vista que, após a colheita, essas características são bastante variáveis dentro dos lotes (GIOMO; NAKAGAWA; GALLO, 2008). Assim, o conhecimento dos aspectos morfométricos das sementes permite separá-las por tamanho, que está relacionado ao vigor ou ainda pela consistência e coloração do tegumento, que estão associadas à maturidade fisiológica.

2.4.1 *Adansonia digitata* L. (baobá)

Embora mais ou menos reniformes, as sementes de *A. digitata* L. podem variar em forma, cor, textura, tamanho e outros caracteres (MUNTHALI; CHIRWA; AKINNIFESI, 2012; KEHLENBECK; PADULOSI; ALERCIA, 2015; GEBAUER et al., 2016). Rahul et al. (2015), descreveu a coloração das sementes do baobá africano de forma semelhante à descrita nesse estudo, afirmando que a cor, varia do marrom escuro a preto avermelhado.

Conforme Orwa et al. (2009), existem de dois mil a três mil sementes por quilograma. Araújo et al., (2020) encontraram teor de água em sementes de *A. digitata* L. de 9,24% e 2.859 sementes por quilograma. Essa variação na quantidade de sementes por quilograma está relacionada aos parâmetros biométricos das sementes, tais como teor de água e tamanho.

Munthali, Chirwa e Akinnifesi (2012), analisando a variação fenotípica na morfologia de frutos e sementes de *A. digitata* L. em cinco populações selvagens no Malawi, observaram que o comprimento das sementes variou de 10,94 a 12,53 mm e a largura obtida foi de 8,93 a 10,02 mm. Em comparação as sementes avaliadas neste estudo, percebe-se que estas apresentaram menores dimensões, uma vez que a média obtida foi de 10,33 x 8,07 x 6,37 mm (comprimento/largura/espessura).

Diante disso, constata-se que as características ambientais intrínsecas a cada região, influenciam as variações fenotípicas de determinado indivíduo. Para Munthali, Chirwa e Akinnifesi (2012), algumas das principais variações fenotípicas que se expressam nas variedades de *A. digitata* L., distribuídas nas diversas regiões geográficas, sofrem forte influência ambiental. Além disso, as características das sementes e outros órgãos vegetativos pode representar fortemente a adaptabilidade das espécies.

2.4.2 *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea)

Conforme classificação de Carvalho (2006), a semente de *C. grandis* L.f. é dura, oval ou obovóide, aplainada de um lado e carenada do outro, brilhante e de cor castanho-amarelo-claro. Essa descrição corrobora com o resultado apresentado neste estudo, referente a análise morfológica das sementes dessa espécie.

Flores et al. (2014) pesquisando sobre a germinação e vigor de sementes da espécie *Melanoxylon brauna*, observou que sementes pequenas e claras apresentam germinação e índice de velocidade de germinação inferiores às demais. Por outro lado, sementes grandes, independentes da cor e as pequenas escuras apresentaram o maior índice de velocidade de germinação e a maior porcentagem de germinação.

Nessa perspectiva, pode-se afirmar que tanto a coloração da semente, quanto o seu tamanho por ocasião da coleta, são determinantes para o processo germinativo e conseqüentemente para a obtenção de plântulas vigorosas. Esse fato está diretamente relacionado ao ponto de maturação fisiológica das sementes.

O estudo da maturação apresenta-se como uma importante forma de conhecer o comportamento das espécies no tocante à sua reprodução, possibilitando, assim, prever a época adequada de colheita (ALVES et al., 2005). De forma geral, a maturidade fisiológica das sementes é acompanhada por alterações visíveis em seu aspecto externo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Contudo, a coloração tegumentar é considerada por especialistas, como um dos principais índices na determinação da maturidade fisiológica. O tamanho das sementes, apresenta-se também como um importante índice de maturação, entretanto deve ser utilizado apenas como parâmetro auxiliar e avaliado conjuntamente com outros indicadores (ALVES et al., 2005).

Carvalho (2006) afirma que as sementes de *C. grandis* L.f. podem atingir até 10 mm de comprimento. Bezerra et al. (2012) estudando a biometria de sementes dessa espécie, encontraram valores médios de $15,83 \pm 2,04$ mm de comprimento, $11,34 \pm 0,86$ mm de largura e $6,39 \pm 0,87$ mm de diâmetro. Esses resultados mostram-se equivalentes aos encontrados nesse estudo, para os parâmetros comprimento e largura, entretanto, a espessura média encontrada pelos referidos autores, foi maior do que a observada neste.

Considerando que esta espécie ocorre em várias regiões brasileiras, com distribuição desde a região Norte até a região Sul do país (CARVALHO, 2006), é comum observar variações biométricas entre sementes produzidas nas diferentes regiões, devido às

características edafoclimáticas. Do ponto de vista da fisiologia, a variação nas dimensões das sementes de muitas espécies, está diretamente relacionada à sua qualidade fisiológica. Contudo, em se tratando de espécies florestais, esse ainda é um tema pouco pesquisado (OLIVEIRA et al., 2009).

2.4.3 *Cedrela odorata* L. (cedro)

As sementes de *C. odorata* L. apresentam-se brilhantes, de formato ovóide, coloração castanho-avermelhada e alada em uma das extremidades (CARVALHO, 2010), conforme observado na análise morfológica realizada nesse estudo. Essas características também podem ser observadas em sementes de *C. fissilis* Vell. Todavia, em relação ao tamanho das sementes, há algumas discrepâncias.

No presente estudo, as sementes de *C. odorata* L., apresentaram dimensões médias de 31,88 x 5,34 x 1,36 mm (comprimento/largura/espessura). Pereira et al. (2017) estudando a biometria de sementes de *C. fissilis* Vell, obtidas de diferentes matrizes, encontraram valores médios variando de 24,70 a 27,20 mm de comprimento e 9,10 a 12,10 mm de largura. Diante disso, observa-se que as sementes de *C. odorata* L., apresentam maior comprimento e menor largura, quando comparadas as sementes de *C. fissilis* Vell.

A biometria de sementes é fundamental para a distinção de espécies congêneres, principalmente quando há semelhanças entre os órgãos vegetativos e reprodutivos. Melo, Macedo e Daly (2007), afirmam que os estudos biométricos de sementes possuem grande importância taxonômica, pois suas estruturas são de fácil observação e não sofrem modificações significantes ao longo do tempo.

2.4.4 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo)

Oliveira, Scheleder e Favero (2008), estudando a morfologia de sementes de *Tabebuia chrysotricha*, encontraram resultados semelhantes aos descritos nesse estudo, para as características morfológicas de *H. serratifolius*.

O grau de umidade foi de 5,7% e o peso de mil sementes, sem alas, foi de 51,08 g, indicando que em cada quilograma há cerca de 19.576 sementes. Leão et al. (2015), ao analisar a biometria de sementes de *H. serratifolius* provenientes da Amazônia, obtiveram grau de umidade de 7,7% e a quantidade de sementes por quilo foi em média 29.715. É provável que a diferença entre os valores obtidos para o número de sementes por quilograma,

esteja relacionada ao tamanho e a presença de alas nas sementes, uma vez que os referidos autores não citam em seu trabalho se as alas foram removidas ou não.

É importante observar que a remoção das alas altera bastante o número de sementes por quilograma. Oliveira, Scheleder e Favero (2008), afirmam que em sementes de *T. chrysotricha*, 77% do comprimento e 34,7% da largura resultam da presença da ala. Eles observaram que as sementes mediram em média 27,8 x 7,2 x 0,3 mm com alas, e 6,4 x 4,7 x 0,3 mm sem alas.

As alas presentes nas sementes da maioria das espécies da família Bignoniaceae, possuem como função principal a disseminação da espécie por anemocoria. Entretanto, não há relatos da sua influência na conservação da viabilidade das sementes.

As sementes de *H. serratifolius* analisadas nesse estudo, apresentaram dimensões médias de 10,10 x 6,83 x 0,98 mm (comprimento/largura/espessura). O parâmetro espessura apresentou elevada variabilidade dos dados, quando comparado ao comprimento e largura das sementes, resultando em um CV de 17,07%. Para Leão et al. (2015), essa variabilidade deve-se às condições genéticas e edafoclimáticas locais.

2.4.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira).

As sementes de *T. aurea* são bialadas, oblongas, flexíveis e de consistência papirácea (CARVALHO, 2008), enquanto os cotilédones são de coloração amarelo-claro, bilobados e com base cordada (OLIVEIRA; SCHELEDER; FAVERO, 2006).

Essa descrição confirma os resultados obtidos nesse estudo para a análise morfológica das sementes dessa espécie, diferenciando-se apenas na coloração cotiledonar. Nesse sentido, Ferreira e Cunha (2000), afirmam que a coloração do tegumento varia de acordo com o estágio de maturação das sementes.

Com relação a análise biométrica das sementes sem alas, Oliveira, Scheleder e Favero (2006), encontraram dimensões com valores de 17,3 x 13,3 x 1,7 mm (comprimento/largura/espessura), enquanto as sementes analisadas nesse estudo apresentaram valores médios de 14,03 x 10,16 x 0,89 mm (comprimento/largura/espessura). Com isso, observa-se que as sementes de *T. aurea* analisadas nesse trabalho, apresentaram menor tamanho.

Entretanto, se comparada a sementes de outras espécies do gênero *Tabebuia*, como *T. chrysotricha* (OLIVEIRA; SCHELEDER; FAVERO, 2008), as sementes de *T. aurea* são

maiores e conseqüentemente possuem mais reserva nutricional. Isso proporciona a espécie vantagem quanto ao estabelecimento no ambiente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O tamanho e a massa de sementes são característicos de cada espécie, entretanto, estes parâmetros sofrem forte influência ambiental (SANTOS et al., 2009). A variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie possibilita a seleção com vistas à melhoria de um dado caractere (PEREIRA et al., 2017).

Considerando-se a importância da classificação de sementes por tamanho, a fim de uniformizar o lote e conseqüentemente obter mudas com características homogêneas, sugere-se a utilização de jogos de peneiras durante o beneficiamento, para a formação dos lotes das sementes florestais, aqui estudadas.

Os resultados obtidos a partir dos histogramas e polígonos de frequência auxiliam na escolha do tipo de peneira a ser utilizada para o beneficiamento e classificação das sementes de cada espécie.

Para as sementes de *A. digitata* e *C. grandis*, sugere-se, a utilização de peneiras de crivos circulares. Para a separação de sementes de maior comprimento, deve-se utilizar malhas com orifícios de cerca de 9,5 mm, onde ficarão retidas aproximadamente 90% das sementes de *A. digitata*. Para *C. grandis*, recomenda-se malhas com 16 mm, ficando retidas 69% de suas sementes.

Para as sementes de *C. odorata*, sugere-se a utilização de peneiras com crivos oblongos, com dimensões de 5,0 x 22 mm, as quais reteriam 72% das sementes, considerando-se a largura. Contudo, antes da separação, seria necessário remover parte da ala das sementes.

Tendo como referência o comprimento, para as sementes de *H. serratifolius* e *T. aurea*, sugere-se a utilização de peneiras com crivos circulares, com orifícios de 9,0 e 13 mm, respectivamente. Nessas condições, ficariam retidas 80% das sementes de *H. serratifolius* e 75% das sementes de *T. aurea*.

2.5 Conclusão

As sementes apresentaram variações biométricas quando comparadas a outros estudos, evidenciando a influência dos fatores ambientais intrínsecos a cada região, bem como a forte adaptabilidade das espécies.

A caracterização morfométrica das sementes apresentam-se como um importante parâmetro de identificação das espécies, além disso, contribui para a adoção de técnicas mais eficazes para o beneficiamento.

A análise biométrica das sementes das espécies estudadas permite classificá-las de acordo com o seu tamanho e separá-las em lotes, através da utilização de peneiras.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F. *et al.* Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 259–265, abr./jun. 2010.
- ALVES, E. U. *et al.* Maturação fisiológica de sementes de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 01-08, 2005.
- ARAÚJO, A. V. *et al.* Dormência tegumentar de sementes de baobá: Escarificação química. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 2, p. 718-728, abr./jun. 2020.
- BATTILANI, J. L.; SANTIAGO, E. F.; DIAS, E. S. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Guibourtia hymenifolia* (Moric.) J. Leonard (Fabaceae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1089-1098, 2011.
- BEZERRA, F. T. C. *et al.* Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia grandis* L.f. (Fabaceae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2863-2876, 2012.
- BEZERRA, F. T. C. *et al.* Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia fistula* L. (Fabaceae-Caesalpinioideae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2273-2286, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Glossário Ilustrado de Morfologia**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 410 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análises de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/ACS, 2009b. 399 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Cássia-Rósea: Taxonomia e Nomenclatura**. Paraná: Embrapa, 2006. 8 p.
- CARVALHO, P. E. R. Caraúba: *Tabebuia aurea*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2008. v. 3, p. 130-138.
- CARVALHO, P. E. R. Cedro-Vermelho: *Cedrela odorata*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa, 2010. v. 4, p. 163-174.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Campinas: FUNEP, 2012. 590 p.
- CASTELLANI, E. D. *et al.* Morfologia de frutos e sementes de espécies arbóreas do gênero *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 102-113, 2008.
- COSTA, J. R.; FONTES, J. R. A.; MORAIS, R. R. **Banco de sementes do solo em áreas naturais e cultivos agrícolas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013. 35 p.

CHRISTRO, L. F. *et al.* Biometric analysis of seeds of genotypes of physic nut (*Jatropha curcas* L.). **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 01-03, 2012.

DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de albizia (*Albizia lebbek* (L.) Benth.) em função da luz e do regime de temperatura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 75-81, 2008.

FERREIRA, R. A.; CUNHA, M. C. L. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.) - Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.) – Apocynaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 134-143, 2000.

FLORES, A. V. *et al.* Efeito do substrato, cor e tamanho de sementes na germinação e vigor de *Melanoxylon brauna*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 78, p. 141-147, 2014.

GEBAUER, J. *et al.* Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. **Genet Resour Crop Evol**, [s.l.], v. 63, p. 377-399, 2016.

GIOMO, G. S.; NAKAGAWA, J.; GALLO, P. B. Beneficiamento de sementes de café e efeitos na qualidade física. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 997-1010, 2008.

GONÇALVES, L. G. V. *et al.* Biometria de frutos e sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) em vegetação natural na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 36, n. 1, p. 31-40, 2013.

KEHLENBECK, K.; PADULOSI, S.; ALERCIA, A. **Descriptors for Baobab (*Adansonia digitata* L.)**. Bioversity International, Rome, Italy and world Agroforestry Centre, Nairobi, Kenya. 2015. 67 p.

LEÃO, N. V. M. *et al.* Biometria e diversidade de temperaturas e substratos para a viabilidade de sementes de ipê-amarelo. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 50-54, 2015.

MELO, M. D. F. F.; MACEDO, S. T.; DALY, D. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de nove espécies de *Protium burm.* f. (burseraceae) da amazônia central, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 503-520, 2007.

MUNSELL, A. H. **The New Munsell Student Color Set**. New York: Fairchild publications, 1994. 17p.

MUNTHALI, C. R. Y.; CHIRWA, P. W.; AKINNIFESI, F. K.; Phenotypic variation in fruit and seed morphology of *Adansonia digitata* L. (baobab) in five selected wildpopulations in Malawi. **Agroforestry System**, [s.l.], v. 84, p. 279-290, 2012

OLIVEIRA, A. B. *et al.* Emergência de plântulas de *Copernicia hospita* Martius em função do tamanho da semente, do substrato e do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 281-287, 2009.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHELEDER, E. J. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex. S.Moore. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2006.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHELEDER, E. J. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex. DC.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1011-1018, 2008.

ORWA, C. *et al.* *Adansonia digitata*. **Agroforestry Database**, [s.l.], v. 4, p. 1-8, 2009. Disponível em: <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>. Acesso em: 21 mar. 2019.

PEREIRA, M. O. *et al.* Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 4, p. 376-385, 2017.

RAHUL, J. *et al.* *Adansonia digitata* L. (baobab): A review of traditional information and taxonomic description. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s.l.], v. 1, n. 5, p. 79-84, 2015.

SANTOS, F. S. *et al.* Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 163-173, 2009.

SILVA, A. G. *et al.* Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 49-54, abr./jun. 2016.

SILVA, R. M. *et al.* Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. provenientes do semiárido baiano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 3, p. 85-91, jul./set. 2017.

3 CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DE PLÂNTULAS DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS

RESUMO

O estudo morfológico de plântulas baseia-se nos eventos fisiometabólicos desencadeados a partir da primeira fase do biociclo vegetal: a germinação. Esse conhecimento auxilia na produção de mudas, pois informa sobre a funcionalidade das estruturas morfológicas essenciais para o desenvolvimento da planta. Objetivou-se realizar a caracterização morfológica de plântulas das seguintes espécies arbóreas: *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira). O ensaio foi conduzido no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU). Por apresentarem dormência tegumentar, as sementes de baobá e cássia-rósea foram submetidas à escarificação mecânica, com o auxílio de um moto esmeril de bancada. Realizou-se a semeadura de 100 diásporos de cada espécie, em tubetes de 300 cm³ contendo vermiculita e composto orgânico na proporção volumétrica de 2:1 (v/v). Estes permaneceram em estufa agrícola, recebendo duas irrigações diárias até o término das avaliações. Os eventos observados durante o processo germinativo foram registrados por meio de fotografia digital. As imagens foram tratadas e dispostas sequencialmente ao longo do tempo, conforme o desenvolvimento das plântulas. A germinação de *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *C. odorata* L. é epígea fanerocotiledonar. Em *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, a germinação é hipógea e fanerocotiledonar. Os eófilos de *C. grandis* L.f. e *C. odorata* L. são compostos e das demais espécies, são simples. O sistema radicular das espécies estudadas é do tipo axial. A descrição morfológica das plântulas propicia a identificação das espécies em campo.

Palavras-chave: Germinação. Morfologia. Eófilos.

3 CHAPTER 3 - SEEDLINGS CHARACTERIZATION OF FIVE TROPICAL TREE SPECIES

ABSTRACT

The seedling morphological study is based on the physiometabolic events triggered from the first phase of the plant biocycle: the germination. This knowledge helps in the production of seedlings, as it informs about the functionality of the morphological structures essential for the development of the plant. The objective was to perform the morphological characterization of seedlings of the following tree species: *Adansonia digitata* L. (“baobá”), *Cassia grandis* L.f. (“cássia-rosa”), *Cedrela odorata* L. (“cedro”), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (“ipê-amarelo”) and *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (“craibeira”). The trials were conducted at the Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU). For presenting integumentary numbness, the seeds of baoba and cassia-rosea were subjected to mechanical scarification, with the aid of a bench-top grinder. 100 diaspores of each species were sown, in 300 cm³ tubes containing vermiculite and organic compound in a volumetric ratio of 2:1 (v/v). These remained in an agricultural greenhouse, receiving two daily irrigations until the end of the evaluations. The events observed during the germination process, were recorded through digital photography. The images were treated and arranged sequentially over time, according to seedling development. The germination of *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. and *C. odorata* L. is phanerocotyledonous epigea. In *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose and *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, the germination is hypogeal phanerocotyledonous. The eophiles of *C. grandis* L.f. and *C. odorata* L. are compounds and the other species, are simple. The root system of the studied species is of the axial type. The morphological description of the seedlings provides the identification of species in the field.

keywords: Germination. Morphology. Eophiles.

3.1 Introdução

O estudo morfológico de plântulas baseia-se nos eventos fisiometabólicos desencadeados a partir da primeira fase do biociclo vegetal: a germinação. Esse estágio inicial é ativado através da absorção de água pelas sementes e culmina primeiramente na protrusão radicular e posteriormente na emissão da plúmula (MARCOS FILHO, 2015).

Os caracteres morfológicos externos de uma planta, quando estão em estágios iniciais de desenvolvimento, podem ser diferentes daqueles observados no indivíduo adulto (AMORIM et al., 2008; SOUSA et al., 2010).

Assim, o conhecimento das primeiras fases pós-seminal, bem como das estruturas morfológicas de plântulas, contribui para a identificação e distinção de espécies em viveiros florestais, nos laboratórios de análise de sementes, na taxonomia e na silvicultura (LEONHARDT et al., 2008).

De forma geral, pesquisas nesse contexto auxiliam na produção de mudas com diferentes finalidades, uma vez que informam sobre a funcionalidade das estruturas morfológicas essenciais para o desenvolvimento e estabelecimento da planta.

Para os taxonomistas, as diferenças e semelhanças entre plantas, são susceptíveis de avaliação em larga escala, utilizando-se dos caracteres morfológicos, os quais manifestam-se através dos componentes estruturais (AMORIM et al., 2008).

Um exemplo disso são os estudos sobre a classificação morfofuncional de plântulas, nos quais considerou-se principalmente a importância dos cotilédones, quanto a posição, textura, exposição e função durante o processo de germinação e crescimento inicial (RESSEL et al., 2004).

Apesar do número crescente de trabalhos sobre desenvolvimento e morfologia de plântulas, há, ainda, carência de pesquisas mais detalhadas que proporcionem o conhecimento de várias espécies em seus estágios iniciais de desenvolvimento, os quais podem referenciar e subsidiar os programas de recuperação e manejo de áreas naturais (LEONHARDT et al., 2008).

Diante disso e considerando-se a escassez de informações nesse sentido para *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira), objetivou-se realizar a caracterização morfológica de plântulas destas espécies arbóreas.

3.2 Material e métodos

O experimento foi instalado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, em Fortaleza - CE.

3.2.1 Aquisição, beneficiamento e tratamento pré-germinativo das sementes

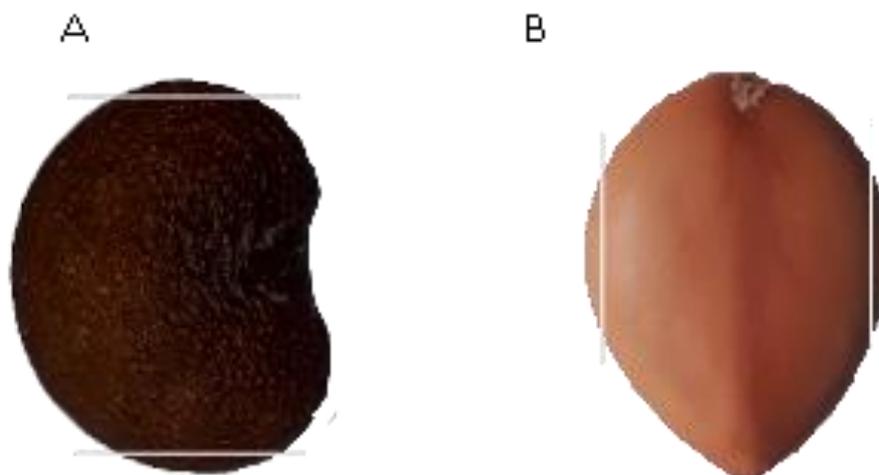
Os procedimentos referentes à aquisição e beneficiamento das sementes, foram realizados conforme descrição no item 2.1 do segundo capítulo deste trabalho.

3.2.1.1 Tratamento pré-germinativo

Por apresentarem dormência tegumentar, as sementes de baobá e cássia-rósea (GEBAUER et al., 2016; BEZERRA et al., 2012), foram submetidas a tratamento pré-germinativo, a fim de acelerar e uniformizar a germinação. Para tanto, foram escarificadas mecanicamente, com o auxílio de um moto esmeril de bancada.

De forma a não danificar o hilo, as sementes de baobá foram escarificadas no ápice e na base e as sementes de cássia-rósea foram escarificadas nas porções laterais (Figura 22). Em seguida, foram imersas na água potável em temperatura ambiente, permanecendo até o início da protrusão radicular.

Figura 22 – Representação das porções escarificadas nas sementes de baobá (A) e cássia-rósea (B). UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

3.2.2 Caracterização de plântulas

Realizou-se a semeadura de 100 diásporos de cada espécie em tubetes de 300 cm³ contendo vermiculita e composto orgânico na proporção volumétrica de 2:1 (v/v). Os tubetes permaneceram em estufa agrícola no NEPAU, recebendo duas irrigações diárias até o término das avaliações, ou seja, até as plântulas atingirem a fase do tirodendro.

As avaliações foram realizadas diariamente, verificando-se os caracteres morfológicos propostos por Souza (2009): raiz (principal e secundária), cotilédones (posição, forma e coloração), hipocótilo e epicótilo (forma e coloração) e eófilos (forma, coloração e filotaxia).

Considerou-se a fase do tirodendro, a partir do segundo nó foliar, embora os eófilos ainda não tenham apresentado o mesmo formato das folhas do indivíduo adulto.

3.2.3 Análise e representação dos dados

Os eventos observados durante o processo germinativo e estabelecimento da plântula, foram registrados por meio de fotografia digital. As imagens foram tratadas no Software Adobe®Photoshop e dispostas de forma sequenciada para visualização do processo de germinação e desenvolvimento das plântulas.

3.3 Resultados

As características morfométricas das plântulas de *A. digitata* L., *C. grandis* L.f., *C. odorata* L., *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, estão descritas a seguir.

3.3.1 *Adansonia digitata* L. (baobá)

Após a escarificação, as sementes de *A. digitata* L. apresentaram comprimento médio de 10,29 mm; 8,07 mm de largura e 6,37 mm de espessura (Figura 22A). O tratamento pré-germinativo realizado, foi eficiente para acelerar a germinação e a emergência, atingindo uma taxa de 92% de plântulas viáveis para avaliação. A semeadura ocorreu com sementes pré-germinadas (Figura 23B), com radícula de formato cilíndrico, apresentando coloração esbranquiçada e medindo 3,01 mm de comprimento.

No primeiro dia após a semeadura, a raiz primária apresentou 6,05 mm de comprimento (Figura 23C). A emergência das plântulas ocorreu no terceiro dia após a semeadura (Figura 23D), com raiz primária axial medindo 49,11 mm e hipocótilo em forma de alça cotiledonar, de cor verde claro, medindo 18,20 mm de comprimento. Nessa fase, foi possível identificar o colo, sendo este o ponto de junção do hipocótilo com a radícula, o qual se caracteriza como uma região túmida, na forma de anel.

No quarto dia após a semeadura, observou-se a expansão cotiledonar, bem como o alongamento vertical do hipocótilo, com formato cilíndrico e liso, medindo 31,87 mm de comprimento (Figura 23E). A presença de raízes secundárias, de coloração esbranquiçada, foi detectada no quinto dia após a semeadura e nesse mesmo período ocorreu a abertura dos cotilédones e a perda do tegumento cotiledonar (Figura 23F).

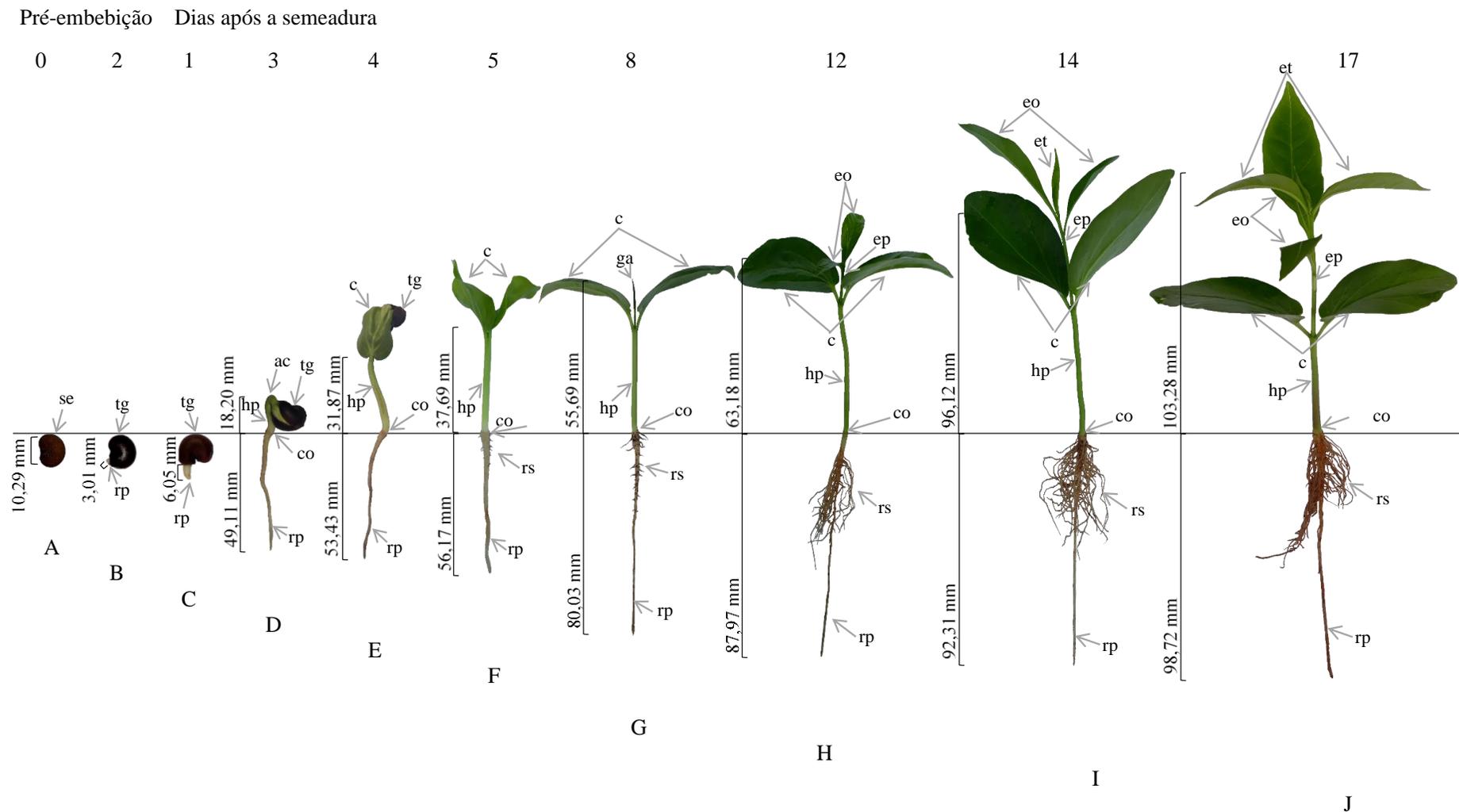
Os cotilédones possuem formato e aparência foliácea, apresentando-se opostos, glabros, com ápice obtuso, bordos inteiros e de coloração verde escuro, permanecendo na plântula até a fase de tirodendro. A emissão da gema apical foi observada no oitavo dia após a semeadura (Figura 23G) e a expansão integral do primeiro eófilo foi observada no décimo segundo dia (Figura 23H). Assim, a formação da plântula foi atingida, uma vez que esta passou a apresentar todas as estruturas essenciais, em perfeito estágio de desenvolvimento.

No décimo quarto dia, observou-se o início da formação do eófilo do tirodendro (Figura 23I), o qual completou sua expansão aos dezessete dias após a semeadura (Figura 23J). Nesse estágio, a planta apresentou raízes secundárias em abundância e as seguintes

dimensões: 103,28 e 98,72 mm de comprimento da parte aérea e da raiz, respectivamente e 1,58 mm de diâmetro do colo.

Os eófilos das plântulas de baobá caracterizam-se como folhas simples, elípticas, peninérveas, glabras, pecioladas, com margem inteira, ápice acuminado e base acuneada. Apresenta coloração verde escuro e filotaxia alternada (Figura 23H a 23J).

Figura 23 - Aspectos morfológicos da plântula de *Adansonia digitata* L.: A – semente escarificada; B a H – plântula em desenvolvimento; I a J – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

3.3.2 *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea)

O comprimento, largura e espessura das sementes de *C. grandis* L.f., após a escarificação, foi de 16,35, 12,36 e 4,76 mm, respectivamente (Figura 24A). O tratamento pré-germinativo aplicado, resultou em uma taxa de germinação de 64%. A semeadura foi realizada com sementes pré-germinadas, apresentando radícula de coloração marfim e medindo 2,03 mm de comprimento (Figura 24B).

No terceiro dia após a semeadura, observou-se o alongamento da raiz primária (medindo 19,12 mm de comprimento), sendo esta, axial, pubescente e de formato cilíndrico (Figura 24C). A emergência ocorreu no quinto dia após a semeadura (Figura 24D), possibilitando a identificação do colo, ponto de interseção entre a raiz e a parte aérea.

A raiz primária apresentou 63,31 mm de comprimento e o hipocótilo em forma de alça cotiledonar, de cor amarelo creme, mediu 30,17 mm de comprimento. Nesse estágio, os cotilédones ainda estão fechados e revestidos pelo tegumento.

Simultaneamente ao alongamento da raiz, no sétimo dia, ocorre o surgimento das raízes secundárias, finas e de cor amarelo claro, situando-se logo abaixo do colo (Figura 24E) e no oitavo dia observa-se o início da abertura cotiledonar (Figura 24F). Aos dez dias após a semeadura, os cotilédones encontram-se totalmente abertos e apresentam-se de forma côncava, carnosos, opostos, glabros, oblongos, com ápice obtuso, bordos inteiros e de coloração verde claro. Ocorre ainda a consequente perda do tegumento (Figura 24G).

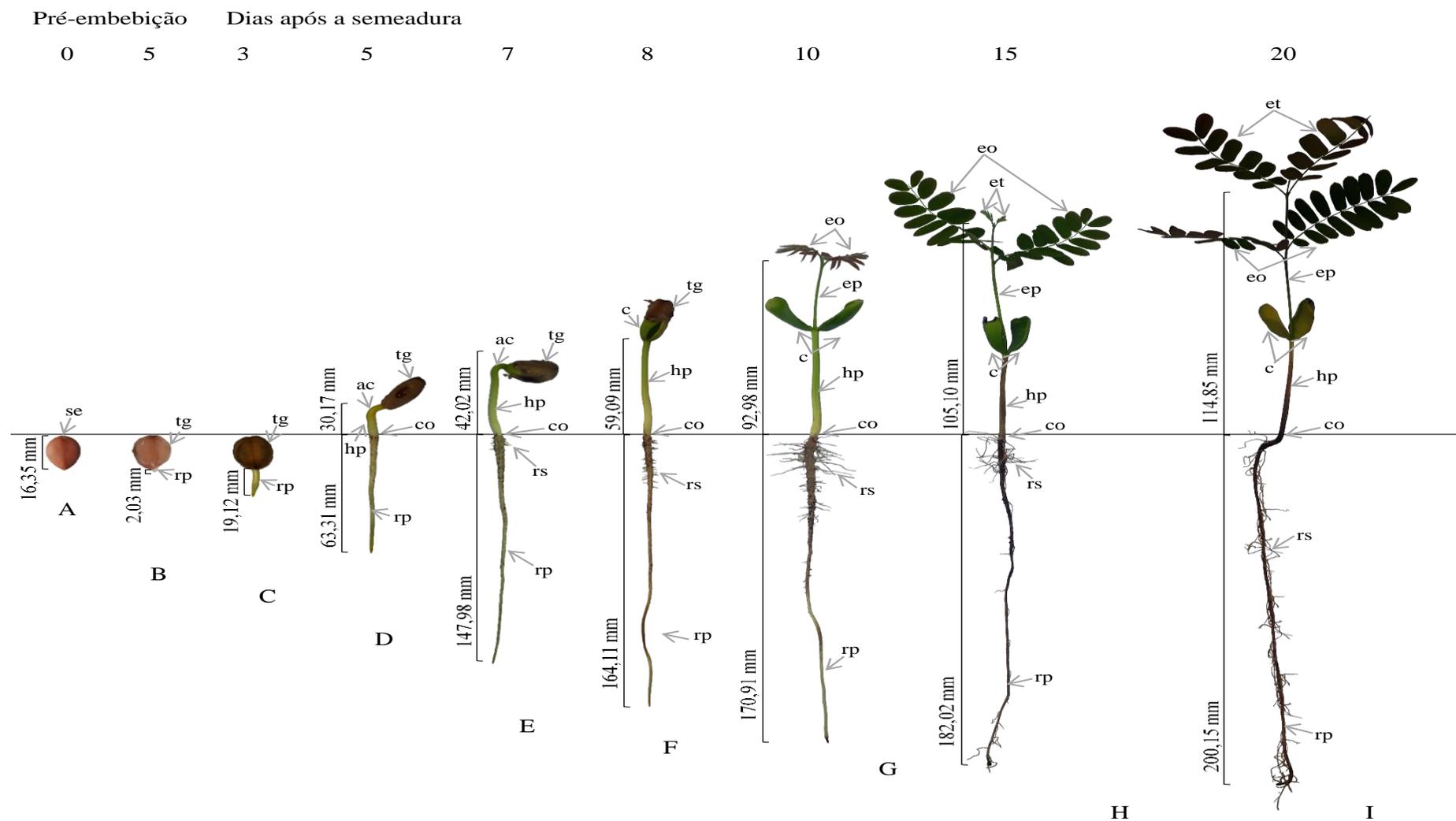
Nesse estágio, é possível identificar o epicótilo, o qual apresenta-se cilíndrico e de coloração verde claro e o primeiro par de eófilos, compostos e de coloração castanho claro. A raiz principal e a parte aérea apresentam 170,91 e 92,98 mm de comprimento, respectivamente.

No décimo quinto dia após a semeadura, a plântula está completamente formada, uma vez que apresenta a expansão do primeiro par de eófilos e todas as suas estruturas essenciais em pleno desenvolvimento (Figura 24H). Nessa fase, observa-se o início da formação do eófilo do tirodendro.

Aos vinte dias após a semeadura, observam-se raízes secundárias por toda a extensão da raiz principal e os eófilos do tirodendro apresentam-se totalmente formados (Figura 24I). Nesse estágio a planta apresentou as seguintes dimensões: 1,68 mm de diâmetro do colo, 114,85 mm de comprimento da parte aérea e 200,15 mm de comprimento da raiz principal.

Os eófilos são formados por folhas compostas, paripinadas e pecioladas. Apresentam filotaxia alternada e cada eófilo contém nove pares de folíolos, com coloração verde escuro. Os folíolos são opostos e possuem formato obovado, com superfície pilosa e margem inteira. Os cotilédones permanecem na planta até a fase do tirodendro (Figura 24G a 24I).

Figura 24 - Aspectos morfológicos da plântula de *Cassia grandis* L.f.: A – semente escarificada; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento).



Fonte: autora (2020)

3.3.3 *Cedrela odorata* L. (cedro)

As sementes de *C. odorata* L., apresentaram as seguintes dimensões: 31,88 mm de comprimento, 5,34 mm de largura e 1,36 mm de espessura (Figura 25A). A germinação iniciou-se um dia após a sementeira, com a emissão da raiz primária axial, a qual mediu 0,22 mm de comprimento (Figura 25B).

No terceiro dia após a sementeira, a raiz primária apresentou comprimento de 10,00 mm, sendo esta cilíndrica, glabra e de coloração esbranquiçada (Figura 25C). No quinto dia, à medida que ocorre o alongamento radicular, esta adquire coloração castanho escuro, além disso, há a formação da alça cotiledonar de coloração verde claro (Figura 25D).

Aos sete dias após a sementeira, observa-se o alongamento vertical do hipocótilo, apresentando formato cilíndrico e coloração verde escuro (Figura 25E). Nessa fase, há o surgimento das primeiras raízes secundárias, finas e de coloração castanho claro. A parte aérea mede 17,09 mm de comprimento e a raiz primária mede 50,15 mm de comprimento. Os cotilédones ainda se encontram envoltos pelo tegumento.

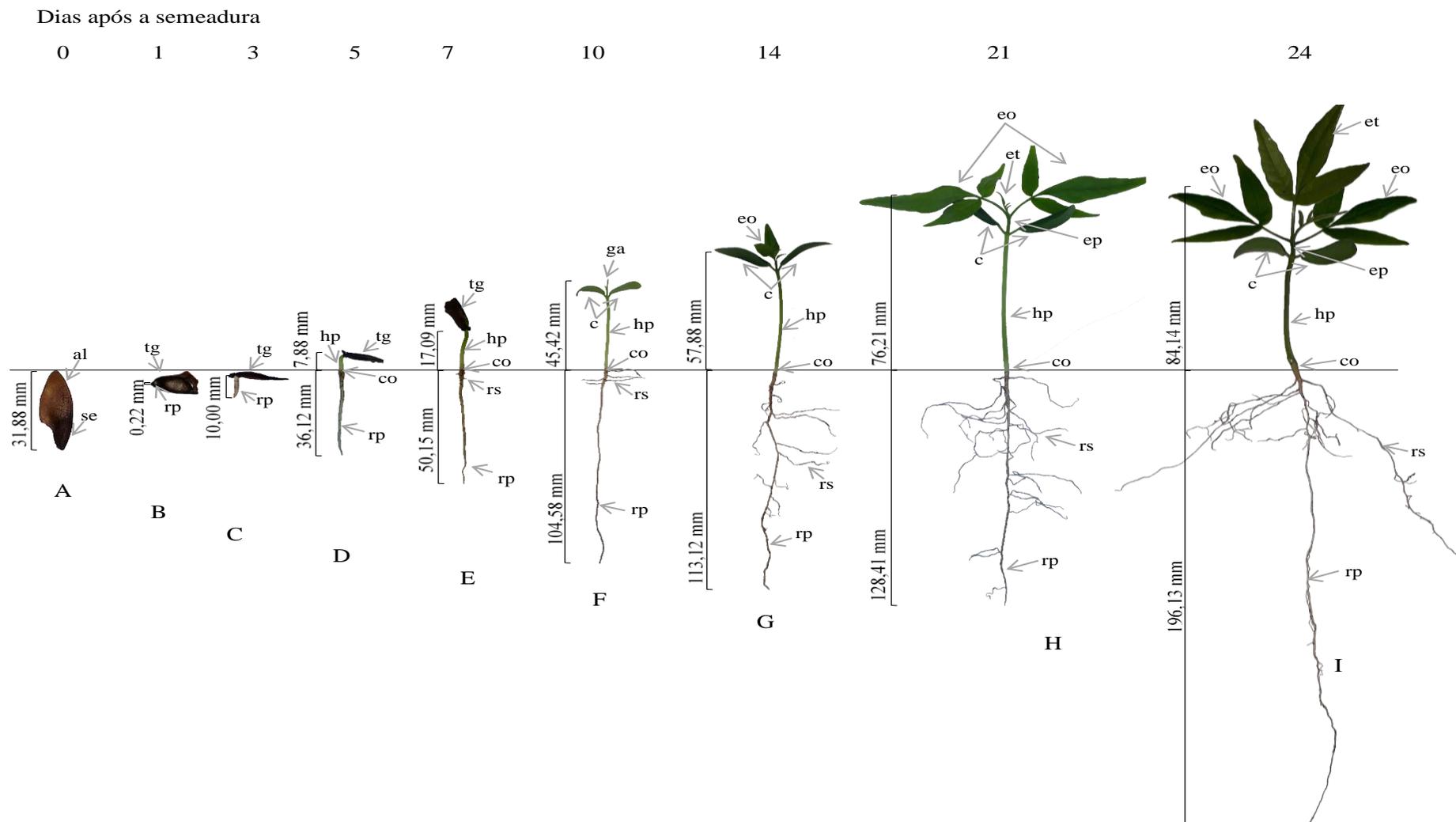
A abertura cotiledonar, com a conseqüente perda do tegumento, ocorre no décimo dia após a sementeira (Figura 25F). Os cotilédones são foliáceos, opostos, abaulados, glabros, com ápice e base obtusos e de coloração verde escuro, permanecendo na plântula até a fase do tirodendro. Ainda nesse estágio, é possível observar a gema apical, que se desenvolverá para a formação do primeiro par de eófilos.

Aos quatorze dias, observa-se a abertura do primeiro par de eófilos, de cor verde escuro (Figura 25G). Nesta fase, o epicótilo apresentou formato cilíndrico, liso e coloração verde escuro. Aos vinte e um dias, a partir da sementeira, observou-se o início da formação do primeiro eófilo do tirodendro (Figura 25H). A plântula mediu 76,21 mm de comprimento da parte aérea e 128,41 mm de comprimento da raiz.

No vigésimo quarto dia, o eófilo do tirodendro completou sua expansão (Figura 25I). Nesse estágio a plântula apresentou 84,14 mm de comprimento da parte aérea, 0,89 mm de diâmetro do colo e 196,13 mm de comprimento da raiz principal.

Os eófilos são constituídos por folhas compostas, imparipinadas e pecioladas. Apresenta filotaxia alterna e os primeiros eófilos são trifoliolados. Os folíolos são opostos, elípticos, com ápice agudo e base oblíqua, de coloração verde escuro em ambas as faces, com superfície pilosa e margem inteira (Figura 25G a 25I).

Figura 25 - Aspectos morfológicos da plântula de *Cedrela odorata* L.: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (ac = alça cotiledonar; al = ala; c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE.



3.3.4 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (*ipê-amarelo*)

As sementes de *H. serratifolius* apresentaram comprimento médio de 10,10 mm; largura de 6,83 mm e espessura de 0,98 mm (Figura 26A). A germinação se inicia aos quatro dias após a sementeira, com a emissão da raiz primária (Figura 26B).

A raiz primária axial se alonga e no sexto dia após a sementeira, atinge 34,02 mm de comprimento (Figura 26C). Aos sete dias, observa-se a emissão da gema apical e o hipocótilo pouco desenvolvido, de cor verde claro. Os cotilédones encontram-se imediatamente abaixo da superfície do solo, sem tegumento e apresentam-se carnosos, opostos, glabros, com ápice e base emarginados e de coloração verde escuro (Figura 26D).

No nono dia após a sementeira, observa-se a elevação do eixo pelo epicótilo e o início da abertura do primeiro par de eófilos (Figura 26E). Nesse estágio, é possível observar o surgimento das raízes secundárias, finas e de coloração castanho. A raiz primária possui 50,92 mm de comprimento e a parte aérea atinge 24,08 mm de comprimento.

Aos 12 dias, os eófilos apresentam-se em plena expansão (Figura 26F), vindo a completar sua formação aos 15 dias após a sementeira, iniciando nesse mesmo período, a emissão do eófilo do tirodendro (Figura 26G). Nessa fase, a parte aérea e a raiz principal mediram respectivamente, 42,41 mm e 69,89 mm de comprimento.

Aos 22 dias, os eófilos do tirodendro continuam se expandindo e os cotilédones encontram-se atrofiados (Figura 26H). Aos 33 dias após a sementeira, observou-se a abscisão dos cotilédones e a formação completa dos primeiros eófilos do tirodendro (Figura 26I). Nesse estágio, o colo mediu 0,92 mm de diâmetro, 79,65 mm de comprimento da parte aérea e 106,08 mm de comprimento da raiz principal.

Os eófilos são representados por folhas simples, glabras, pecioladas, de coloração verde escuro em ambas as faces, venação peninérvea, com formato ovado, base arredondada e ápice agudo, margens crenada e filotaxia oposta (Figura 26F a 26I).

Figura 26 - Aspectos morfológicos da plântula de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

3.3.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (*craibeira*)

As sementes de *T. aurea* apresentaram comprimento de 10,10 mm; largura e espessura média de 6,83 e 0,98 mm, respectivamente (Figura 27A).

O processo germinativo foi observado no 2º dia após a semeadura, com a protrusão da raiz primária axial de coloração amarelada, medindo 12,01 mm de comprimento (Figura 27B). No 4º dia observou-se a perda do tegumento cotiledonar e o início de sua abertura, bem como sua elevação ao nível do substrato, exibindo uma coloração verde claro. O hipocótilo por sua vez, apresentou-se diminuto, cilíndrico e de coloração esbranquiçada (Figura 27C).

No 7º dia notou-se a presença das primeiras raízes secundárias, sendo estas, estruturalmente finas e de coloração castanho escuro. Simultaneamente, observou-se a abertura total dos cotilédones, expondo a gema apical (Figura 27D). Os cotilédones apresentaram-se opostos, peciolados, bilobados no ápice, com textura coriácea, glabros e com coloração verde escuro a partir desse estágio.

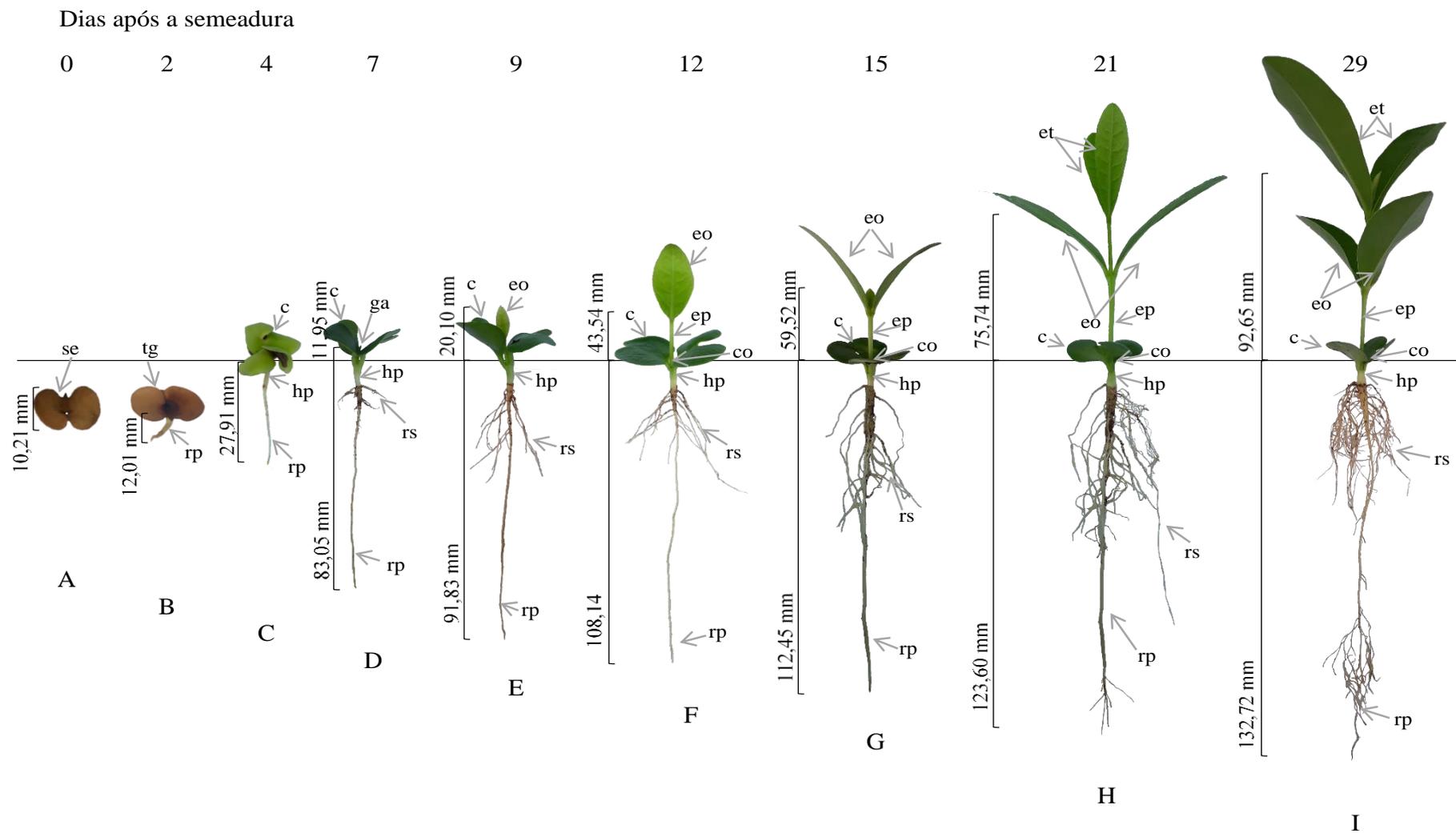
No 9º dia, observou-se o primeiro par de eófilos, os quais apresentaram coloração verde claro (Figura 27E). No 12º dia identificou-se o colo e o epicótilo, o qual se apresentou cilíndrico, ereto, glabro e na mesma tonalidade dos eófilos: verde claro (Figura 27F).

No 15º dia, observou-se que na medida que os primeiros eófilos se expandiam, sua coloração adquiriu uma tonalidade mais escura. Nesse estágio, observou-se ainda o início da formação dos eófilos do tirodendro, bem como um maior volume de raízes secundárias (Figura 27G). A plântula apresentou 59,52 e 112,45 mm de comprimento da parte aérea e da raiz principal, respectivamente.

No 21º dia, os eófilos do tirodendro encontravam-se em plena expansão (Figura 27H), completando seu desenvolvimento no 29º dia (Figura 27I). Nessa fase, os cotilédones permaneciam aderidos à plântula, porém em processo de atrofiamento. O comprimento da parte aérea e da raiz principal foi de 92,65 e 135,72 mm, respectivamente e o colo apresentou 1,68 mm de diâmetro.

Os eófilos apresentam-se como folhas simples, pecioladas, de formato oblongo, com base atenuada, ápice levemente obtuso e margem inteira, penínérvea, de coloração verde escuro em ambas as faces e com filotaxia oposta cruzada (Figura 27F a 27I).

Figura 27 - Aspectos morfológicos da plântula de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore: A – semente; B a G – plântula em desenvolvimento; H a I – plântula na fase do tirodendro. (c = cotilédone; co = colo; eo = eófilo; ep = epicótilo; et = eófilo do tirodendro; ga = gema apical; hp = hipocótilo; rp = raiz principal; rs = raiz secundária; se = semente; tg = tegumento). UFC, Fortaleza, CE.



3.4 Discussão

A pré-embebição das sementes de *A. digitata* L. e *C. grandis* L.f., acelerou o processo germinativo, resultando em uma taxa razoável de emergência de plântulas viáveis para análise (92 e 64%, respectivamente).

Araújo et al. (2020), realizando métodos de tratamentos pré-germinativos em sementes de baobá, com escarificação química em soda cáustica e ácido sulfúrico, observaram que ambos foram eficazes para superação da dormência tegumentar das sementes. As taxas de emergência atingidas no referido estudo, foram de 79% e 82%, respectivamente.

Entretanto, considerando que a utilização de compostos químicos pode provocar toxicidade a quem os manipula, bem como gerar resíduos prejudiciais ao meio ambiente (ARAÚJO et al., 2020), recomenda-se a aplicação do método utilizado no presente estudo, para superação da dormência em sementes de baobá.

Dentre os tratamentos pré-germinativos aplicados em sementes de *C. grandis*, Bezerra et al. (2012), encontraram maior taxa de emergência e índice de velocidade de germinação (IVE), nos tratamentos com escarificação no lado oposto ao hilo e escarificação nas duas laterais ao hilo, seguidas de embebição em água destilada por 24 horas. Estes resultados corroboram com os encontrados neste estudo, considerando a taxa de emergência de plântulas de cássia-rósea.

A escarificação mecânica é um dos principais tratamentos aplicados em sementes que apresentam impermeabilidade tegumentar, pois favorece a absorção de água pela semente, através de fissuras, acelerando assim o início do processo germinativo (SANTOS; MORAIS; MATOS, 2004). A embebição afeta positivamente o crescimento inicial da parte aérea de plântulas de *Cassia grandis* L.f., entretanto, a escarificação mecânica afeta negativamente o acúmulo de matéria na parte aérea (BEZERRA et al., 2012).

As espécies *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *C. odorata* L., apresentaram germinação epigea fanerocotiledonar. O tipo de germinação observado em *A. digitata*, foi identificado também em outras espécies da família Malvaceae, como por exemplo, *Ochroma lagopus* Swartz (ABITIBOL, 2008), *Pseudobombax tomentosum*, *Pseudobombax longiflorum* e *Bombacopsis glabra* (RODRIGUES, 2005).

Para a espécie *C. grandis*, a germinação fanero-epigial, foi descrita também por Silva et al. (2012), sendo igualmente atribuída a outras espécies do gênero, como *Cassia fistula* L. (ARAÚJO; MATOS, 1991) e *Cassia leptophylla* Vogel (PAULA, 2011). Já para a espécie *C. odorata*, esse tipo de germinação foi observado também por Frigieri et al. (2016),

bem como para a espécie *Cedrela fissilis* Vell (PEREIRA et al., 2017; FRIGIERI et al., 2016).

As duas espécies estudadas, pertencentes a família Bignoniaceae (*H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore), apresentaram germinação hipógea fanerocotiledonar. Os padrões morfológicos observados nas espécies apresentam algumas variações, portanto, há divergências quanto ao tipo de germinação, em função da posição dos cotilédones na plântula.

Rosa (2008) classificou a germinação de *H. serratifolius* como epígea fanerocotiledonar, entretanto, o hipocótilo é diminuto e os cotilédones se posicionam ao nível do solo. Igualmente, a espécie *T. aurea* apresentou cotilédones ao nível do solo, os quais foram elevados pelo alongamento peciolar e não pelo alongamento do hipocótilo. Ferreira e Cunha (2000), estudando a morfologia de plântulas da espécie sinónima *T. caraiba* (Mart.) Bur., classificaram sua germinação como epígea fanerocotiledonar.

Conforme Brasil (2009), a germinação epígea é caracterizada pelo desenvolvimento reduzido do epicótilo durante a germinação, portanto, os cotilédones e a gema apical são elevados acima do nível do solo, pelo alongamento do hipocótilo. Por outro lado, a germinação hipógea caracteriza-se pelo alongamento do epicótilo, o qual eleva para a luz a gema apical e a plúmula, enquanto os cotilédones, ou uma estrutura semelhante, permanecem no solo ou em sua superfície. Nesse tipo de germinação, o hipocótilo pode ser curto ou nulo.

A germinação fanerocotiledonar, por sua vez, caracteriza-se pela exposição e expansão dos cotilédones, após emergirem do tegumento da semente, ao contrário da germinação criptocotiledonar, onde os cotilédones permanecem envolvidos pelo tegumento seminal (RESSEL et al., 2004; BRASIL, 2009).

Rego et al. (2011) apresentam cinco categorias de plântulas, baseadas em características cotiledonares e no comprimento do hipocótilo: fanero-epígeo-foliáceas (PEF), fanero-epígeo-armazenadoras (PER), fanero-hipógeo-armazenadoras (PHR), cripto-hipógeo-armazenadoras (CHR) e cripto-epígeo-armazenadoras (CER).

Nessa perspectiva, as espécies *A. digitata* L. e *C. odorata* L. classificam-se como PEF; *C. grandis* L.f. classifica-se como PER; *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, classificam-se como PHR.

Os cotilédones são essenciais durante o crescimento inicial das plântulas, pois absorvem os recursos maternos, para posteriormente nutrir o embrião. Após a germinação, quando emergem do tegumento da semente (em plântulas fanerocotiledonares), os cotilédones foliáceos continuam atuando ativamente, realizando a função de fotossíntese (CAVICHIOLO;

BOEGER; MARQUES, 2009).

As espécies *A. digitata* L. e *C. grandis* L.f., foram semeadas com radículas medindo 3,01 mm e 2,03 mm, respectivamente. O alongamento do hipocótilo em *A. digitata* L., ocorreu aos três dias após a semeadura. Em outras espécies da família Malvaceae, observou-se esse estágio aos cinco dias (ABITIBOL, 2008).

Já em *C. grandis* L.f., o alongamento do hipocótilo foi registrado aos cinco dias e os primeiros eófilos surgiram, aos dez dias. Esses resultados corroboram com os encontrados por Silva et al. (2012), os quais verificaram ainda que os protófilos de primeira ordem surgem entre os cotilédones aos nove dias, precedendo a expansão dos eófilos que se inicia a partir do décimo dia.

Dentre as espécies cujas sementes não possuem dormência, *C. odorata* L. apresentou emissão de radícula em menor tempo, com apenas um dia após a semeadura, enquanto as sementes de *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore e *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, demoraram dois e quatro dias, respectivamente. Em contrapartida, a emissão da gema apical foi mais tardia no cedro, ocorrendo aos 10 dias, enquanto na craibeira e no ipê-amarelo, ocorreu aos 7 dias.

Andrade e Pereira (1994), estudando o desenvolvimento pós-seminal de *C. odorata* L., observaram que a emissão da radícula ocorreu simultaneamente ao alongamento do hipocótilo, quatro dias após a semeadura, enquanto a gema apical foi observada aos 10 dias. Em *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, Rosa (2008), registrou emissão da radícula aos oito dias, após a semeadura e em *T. caraiba* (Mart.) Bur., esse estágio foi observado por Ferreira e Cunha (2000), aos quatro dias.

A morfologia dos eófilos das plântulas de *A. digitata* L. apresentaram-se diferentes da folha na fase adulta. Os eófilos caracterizam-se como folhas simples e elípticas, enquanto as folhas da planta adulta são compostas digitadas (LORENZI; BACHER; TORRES, 2018). Outras espécies da família Malvaceae, como *Gaya gaudichaudiana*, *Gaya domingensis* e *Gaya guerkeana*, apresentam grande polimorfismo na morfologia das folhas (TAKEUCHI; ESTEVES, 2017).

Em *C. grandis* L.f., observou-se morfologia foliar semelhante a outras espécies de sua subfamília – Caesalpinioideae (BRIGIDA et al., 2015), as quais apresentam folhas compostas, pinadas e pecioladas.

As folhas primárias de *C. odorata* L., apresentam-se compostas, imparipinadas, com três folíolos, pecioladas e opostas, diferindo neste último caractere, da planta em sua fase juvenil, quando apresenta folhas alternas. Essas características foram igualmente observadas

por Frigieri et al. (2016), tanto para esta espécie, quanto para *C. fissilis* Vell.

Embora pertencentes a mesma família botânica, os eófilos e conseqüentemente as folhas de *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, apresentam diferenças marcantes.

Por outro lado, a análise morfológica dos eófilos de *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, demonstrou aspectos comuns a outras espécies do gênero, como *H. impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos (FELIX; MEDEIROS; PACHECO, 2018).

Em *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, os eófilos apresentam-se como folhas simples, pecioladas, de formato oblongo, com base atenuada, ápice levemente obtuso e margem inteira, com filotaxia oposta cruzada. Estas características foram descritas de forma semelhante, por Ferreira e Cunha (2000), para *T. caraiba* (Mart.) Bur.

O tipo de raiz é axial em todas as espécies estudadas. *A. digitata* L. apresentou menor comprimento da raiz principal ao atingir a fase do tirodendro. Entretanto, observou-se que após esta fase, ocorre a formação de xilopódio, nessa espécie. Em *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, há também a formação de xilopódio, após a fase do tirodendro, contudo, o sistema radicular apresentou-se bastante desenvolvido e com raízes secundárias abundantes, ao atingir este estágio.

Conforme Montoro (2008), o estabelecimento da planta é favorecido pelo desenvolvimento robusto da raiz principal. Este atributo pode conferir-lhe vantagem ecológica, uma vez que os xilopódios armazenam água e nutrientes, o que lhe permite sobreviver nos períodos de seca.

Ricardo et al. (2018), afirmam que o desenvolvimento de diferentes mecanismos anatomo-fisiológicos, tais como os xilopódios ou tubérculos, caules suculentos clorofilados, dentre outros, conferem alta resistência à seca, favorecendo o estabelecimento da planta nestas circunstâncias.

3.5 Conclusão

A germinação de *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *C. odorata* L. é epígea fanerocotiledonar. Em *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, a germinação é hipógea e fanerocotiledonar.

Os eófilos de *A. digitata* L., *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, são simples, porém em *C. grandis* L.f. e *C. odorata* L. são compostos. Em todas as espécies estudadas, o sistema radicular é do tipo axial.

A descrição morfológica da germinação e das plântulas, subsidia a identificação das espécies, permitindo diferenciá-las de congêneres, bem como fornece informações para estudos relacionados à produção de mudas.

REFERÊNCIAS

- ABITIBOL, S. M. **Aspectos morfoanatômicos de sementes e plântulas de *Ochroma lagopus* Swartz – Malvaceae**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- AMORIM, I. L. *et al.* Morfologia de frutos, sementes, plântulas e mudas de *Senna multijuga* var. *lindleyana* (Gardner) H. S. Irwin & Barneby - Leguminosae Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 507-516, jul./set. 2008.
- ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro - *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 16, p. 34-40, 1994.
- ARAÚJO, S. S. MATOS, V. P. Morfologia de sementes e de plântulas de *Cassia fistula* L. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 13, p. 217-223, set./dez. 1991.
- ARAÚJO, A. V. *et al.* Dormência tegumentar de sementes de baobá: Escarificação química. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 2, p. 718-728, abr./jun. 2020.
- BEZERRA, F. T. C. *et al.* Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia grandis* L.f. (Fabaceae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2863-2876, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Glossário Ilustrado de Morfologia**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 410 p.
- BRIGIDA, S. S. S. *et al.* Anatomia e histoquímica das folhas de *Cassia fistula* L. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11 n. 21, p. 175-189, 2015.
- CAVICHIOLO, L. E.; BOEGER, M. R. T.; MARQUES, M. C. M. Estrutura dos eófilos e cotilédones de quatro tipos de plântulas da Floresta de Restinga, Paraná. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 64, n. 2, p. 5-14, jul./dez. 2009.
- FELIX, F. C.; MEDEIROS, J. A. D.; PACHECO, M. V. Morfologia de sementes e plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 41, n. 4, p. 1028-1035, dez. 2018.
- FERREIRA, R. A.; CUNHA, M. C. L. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.) - Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.) – Apocynaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 134-143, 2000.
- FRIGIERI, F. F. *et al.* **Guia de plântulas e sementes da Mata Atlântica do Estado de São Paulo**. 1. ed. Piracicaba: IPEF, 2016. 99 p.
- GEBAUER, J. *et al.* Africa's wooden elephant: the baobab tree (*Adansonia digitata* L.) in Sudan and Kenya: a review. **Genet. Resour. Crop. Evol.**, [s.l.], v. 63, p. 377-399, 2016.

LEONHARDT, C. *et al.* Morfologia e desenvolvimento de plântulas de 29 espécies arbóreas nativas da área da Bacia Hidrográfica do Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 63, n. 1, p. 5–14, 2008.

LORENZI, H.; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. V. *Adansonia digitata* L.: baobá. In: LORENZI, H.; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. V. **Árvores e arvoretas exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. 1 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2018. 279 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015. 659 p.

MONTORO, G. R. **Morfologia de plântulas de espécies lenhosas do Cerrado**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PAULA, A. S. **Alternância de temperatura na quebra de dormência física e identificação de entrada de água nas sementes de *Cassia leptophylla* Vogel e *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H.S. Irwin & Barneby (Fabaceae: Caesalpinioideae)**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

PEREIRA, M. O. *et al.* Qualidade de sementes e mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em função da biometria de frutos e sementes em diferentes procedências. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 4, p. 376-385, 2017.

REGO, S. S. *et al.* Caracterização morfológica e germinação de sementes de *Curitiba prismatica* (D. Legrand) Salywon & Landrum. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 616-625, 2011.

RESSEL, K. *et al.* Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 311-323, abr./jun. 2004.

RICARDO, S. D. F. *et al.* Produção de fitólitos em plantas características da Caatinga. In: AMORMINO JÚNIOR, M. (Org.). **Botânica Aplicada**. Belo Horizonte: Atena, 2018. p. 139-160.

RODRIGUES, C. M. **Poliembrionia em espécies de Bombacoideae (Malvaceae sensu lato)**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ROSA, R. H. L. ***Handroanthus ochraceus* (Cham.) Mattos ssp. ochraceus, *Handroanthus serralifolius* (Vahl) S. Grose, *Tabebuia insignis* (Miq.) Sandwith ssp. insignis e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandwith - Bignoniaceae. Caracterização morfológica de fruto, semente, desenvolvimento pós- seminal e plântula, como subsídio a taxonomia**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.

SANTOS, T. O.; MORAIS, T. G. O.; MATOS, V. P. Escarificação mecânica em sementes de Chichá (*Sterculia foetida* L.). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 1-6, fev. 2004.

SILVA, A. G. *et al.* Testes para quebra de dormência de sementes de *Cassia grandis* L.f. e, morfologia de sementes, frutos e plântulas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 907-916, 2012.

SOUSA, D. M. M. *et al.* Caracterização morfológica de frutos e sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Tamarindus indica* L. Leguminosae: Caesalpinioideae. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1009–1015, nov./dez. 2010.

SOUZA, L. A. **Sementes e plântulas**: germinação, estrutura e adaptação. Ponta Grossa: Toda Palavra, 2009. 279 p.

TAKEUCHI, C.; ESTEVES, G. L. Revisão taxonômica de *Gaya kunth* (Malvoideae, Malvaceae) no Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 44-69, 2017.

4 CAPÍTULO 4 - CRESCIMENTO INICIAL DE CINCO ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS EM DOIS AMBIENTES DISTINTOS

RESUMO

Pesquisas sobre o crescimento inicial de espécies arbóreas é fundamental para a produção de mudas vigorosas, capazes de sobreviver em condições adversas. O objetivo deste estudo foi analisar o crescimento inicial, em dois ambientes distintos, das seguintes espécies florestais: *Adansonia digitata* L. (baobá), *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea), *Cedrela odorata* L. (cedro), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (ipê-amarelo) e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (craibeira). A pesquisa foi executada no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) da Universidade Federal do Ceará. Antes da sementeira, as sementes de *A. digitata* L. e *C. grandis* L.f., foram submetidas a tratamento pré-germinativo para a superação da dormência. As sementes de cada espécie foram semeadas em bandejas de polietileno contendo 162 células, preenchidas com substrato a base de vermiculita e composto orgânico, na proporção volumétrica de 2:1. As bandejas foram mantidas em estufa agrícola, com irrigação duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde. Ao atingirem a fase do tirodendro, as plântulas foram repicadas para sacos de polietileno de 11 x 26 cm, preenchidos com arisco e composto orgânico na proporção volumétrica de 1:1. Uma semana após a repicagem, as mudas foram dispostas nos ambientes estufa agrícola e sol pleno, com duas irrigações diárias. O procedimento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições. Como delineamento de tratamento, utilizou-se o de parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas constituídas pelo fator ambiente e as subparcelas correspondendo às nove épocas de avaliação. As variáveis analisadas foram: número de folhas, altura da planta, diâmetro do coleto, comprimento da raiz, massas fresca e seca da parte aérea e da raiz e índice de qualidade de Dickson (IQD). O baobá e o cedro apresentaram maior diâmetro do coleto e massas secas, em estufa agrícola. Cássia-rósea e craibeira exibiram maiores valores para massa seca da raiz e IQD, em sol pleno. O ipê-amarelo apresentou melhor desempenho, em todas as variáveis, em sol pleno, no decorrer do tempo. As mudas de baobá, cássia-rósea, craibeira e ipê-amarelo, apresentaram maior qualidade no crescimento inicial, quando cultivadas sob sol pleno, enquanto a estufa agrícola favoreceu o crescimento inicial do cedro.

Palavras-chave: Estufa agrícola. Sol pleno. Qualidade da muda.

4 CHAPTER 4 - INITIAL GROWTH OF FIVE TROPICAL TREE SPECIES IN TWO DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Research on the initial growth of tree species is essential for the production of vigorous seedlings, ables to survive in adverse conditions. The objective of this study was to analyze the initial growth, in two different environments, of the following forest species: *Adansonia digitata* L. (“baobá”), *Cassia grandis* L.f. (“cássia-rosa”), *Cedrela odorata* L. (“cedro”), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (“ipê-amarelo”) and *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (“craibeira”). The research was carried out at the Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) at the Universidade Federal do Ceará. Before sowing, the seeds of *A. digitata* L. and *C. grandis* L.f., were subjected to pre-germinative treatment to overcome dormancy. The seeds of each species were sown in polyethylene trays containing 162 cells, filled with vermiculite based substrate and organic compound, in a volumetric ratio of 2:1. The trays were kept in an agricultural greenhouse, with irrigation twice a day, in the morning and in the afternoon. Upon reaching the tironodendron stage, the seedlings were reallocated into 11 x 26 cm of polyethylene bags, filled with aloof and organic compost in a volumetric ratio of 1:1. The following week, the seedlings were arranged in the environments agricultural greenhouse and full sun, with two daily irrigations. The experimental procedure adopted was the completely randomized design (DIC), with six replicates. As a treatment design, were used plots subdivided over time, the plots constituted by the environment factor and the subplots corresponding to the nine evaluation periods. The analyzed variables were: number of leaves, plant height, stem diameter, root length, fresh and dry mass of the aerial part and root and Dickson quality index (IQD). The baoba and the cedro presented larger stem diameter and dry masses, in agricultural greenhouse. Cassia-rosea and craibeira showed higher values for root dry mass and IQD, in full sun. The ipê-amarelo showed the best performance, in all variables, in full sun, over time. The seedlings of “baoba”, “cassia-rosea”, “craibeira” and “ipê-amarelo”, showed higher quality in the initial growth, when cultivated under full sun, while the agricultural greenhouse favored the initial growth of the cedro.

keywords: Agricultural greenhouse. Full sun. Seedling quality.

4.1 Introdução

Diante da grande devastação vegetal que vem acontecendo nos últimos anos, nas florestas de todo o mundo, faz-se cada vez mais necessária, a elaboração e execução de projetos voltados a recuperação de áreas degradadas, a fim de minimizar os impactos gerados. Diante disso, a demanda por mudas de espécies arbóreas florestais é pressurosa, contudo, a produção de mudas ainda é insuficiente para atendê-la (BATTILANI et al., 2006).

Para se obter sucesso na implantação de programas de reflorestamento, é imprescindível a utilização de mudas de qualidade, capazes de se desenvolver de forma satisfatória no ambiente a qual será destinada. Para que isso ocorra, é necessário ter o conhecimento adequado sobre as características biológicas e ecológicas da(s) espécie(s) a(s) qual(is) se deseja propagar (PEIXOTO, 2017).

Deve-se considerar ainda os fatores climáticos ideais para o desenvolvimento das mudas, tais como temperatura e intensidade de luz (HOPPE, 2004). De acordo com Melo e Cunha (2008), o crescimento de algumas espécies em ambientes com disponibilidade luminosa diferente, está diretamente associado à capacidade de ajustar de forma rápida e eficaz, seu comportamento fisiológico, a fim de maximizar a aquisição de recursos nesse ambiente.

A alta intensidade luminosa é um fator que favorece o crescimento vigoroso das espécies pioneiras, podendo, contudo, causar danos às plântulas de espécies tardias (SABINO et al., 2020). Por outro lado, o sombreamento excessivo pode causar o estiolamento e desenvolvimento insatisfatório de espécies pioneiras e favorecer o crescimento inicial de espécies tardias (LONGHI et al., 2006). Assim sendo, o estudo do crescimento inicial de espécies arbóreas é fundamental para produzir mudas vigorosas, capazes de sobreviver em condições adversas.

Para a obtenção de mudas de qualidade, deve-se considerar inicialmente as características das sementes utilizadas. Após a germinação, a análise dos caracteres morfométricos da muda durante seu desenvolvimento, como altura, diâmetro e biomassas, será fundamental para determinar seu potencial de sobrevivência em campo. Mudas de qualidade devem apresentar sistema radicular bem desenvolvido, caule sem tortuosidades e galhos sem bifurcação (MELO; CUNHA, 2008), além disso, quanto maior o diâmetro do coleto, melhor o equilíbrio da planta no campo (CÂMARA; ENDRES, 2008).

Isto posto e tendo em vista a carência de recomendações técnicas para a produção de mudas de qualidade, de várias espécies tropicais, objetivou-se com esse estudo, analisar o

crescimento inicial, em dois ambientes distintos, das seguintes espécies florestais: *Adansonia digitata* L., *Cassia grandis* L.f., *Cedrela odorata* L., *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido e analisado no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU), do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias (CCA), localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza-CE.

Dentre as espécies analisadas, apenas *A. digitata* L. e *C. grandis* L.f., apresentam dormência em suas sementes. Para a superação da dormência, realizou-se tratamento pré-germinativo conforme descrito no ítem 2.1.1, do terceiro capítulo deste trabalho.

4.2.1 Análise do crescimento inicial de mudas

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno com 162 células, sendo uma semente por célula. O substrato utilizado foi constituído pela mistura de vermiculita e composto orgânico, na proporção volumétrica de 2:1. As bandejas foram mantidas em estufa agrícola, com irrigação duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde.

Os sacos de polietileno com dimensões de 11 x 26 cm foram preenchidos com substrato constituído pela mistura de arisco e composto orgânico na proporção volumétrica de 1:1. A repicagem das plântulas para os sacos de polietileno ocorreu quando estas atingiram a fase do tirodendro e permaneceram na estufa agrícola por mais uma semana, para adaptação ao novo recipiente.

Uma semana após a repicagem, os sacos com as mudas foram divididos em quantidades iguais e dispostos em dois ambientes: sol pleno e estufa agrícola, com irrigação duas vezes ao dia. As datas de semeadura, repicagem e períodos de avaliação de todas as espécies estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Data de semeadura, repicagem e períodos de avaliação de cinco espécies arbóreas. UFC, Fortaleza, CE.

Espécies	Data de semeadura	Repicagem (dias)	Períodos de avaliações (DAS ¹)	Idade da muda na última avaliação (dias)
<i>A. digitata</i>	01/07/2019	17	30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150	150
<i>C. grandis</i>	18/05/2019	24	38, 53, 68, 83, 98, 113, 128, 143, 158	158
<i>C. odorata</i>	10/12/2019	23	36, 51, 66, 81, 96, 111, 126, 141, 156	156
<i>H. serratifolius</i>	16/01/2020	20	34, 49, 64, 79, 94, 109, 124, 139, 154	154
<i>T. aurea</i>	06/04/2019	12	25, 40, 55, 70, 85, 100, 115, 130, 145	145

¹ Dias após a semeadura. Fonte: autora (2020)

4.2.2 Caracterização do substrato

O substrato utilizado na avaliação do crescimento inicial das plantas, para preenchimento dos sacos de polietileno, foi submetido à análise físico-química no Laboratório de Química e Física do Solo do Departamento de Ciências do Solo/CCA/UFC – Fortaleza-CE.

A Tabela 2 apresenta a análise do substrato utilizado no crescimento inicial das espécies *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. Na Tabela 3 encontra-se a análise do substrato utilizado para as espécies *C. odorata* L. e *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose.

Tabela 2 - Análise de fertilidade e granulométrica do substrato utilizado para o crescimento inicial das espécies *A. digitata* L., *C. grandis* L.f. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore. UFC, Fortaleza, CE.

Variável	Valores
pH	6,8
C.E (dS/m)	1,07
M.O. matéria orgânica (g/kg)	13,03
Ca (cmol _c /kg)	4,20
Mg (cmol _c /kg)	1,20
K (cmol _c /kg)	0,61
Na (cmol _c /kg)	0,14
Al (cmol _c /kg)	0,00
H + Al (cmol _c /kg)	1,16
S (Soma de Bases)	6,2
T (Capacidade de troca catiônica)	7,3
V (Saturação por base) (%)	84
P assimilável (mg/kg)	250
Areia grossa (g/kg)	392
Areia fina (g/kg)	290
Silte (g/kg)	256
Argila (g/kg)	62

Fonte: autora (2020)

Tabela 3 - Análise de fertilidade e granulométrica do substrato utilizado para o crescimento inicial das espécies *C. odorata* L. e *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose. UFC, Fortaleza, CE.

Variável	Valores
pH	6,2
C.E (dS/m)	3,30
M.O. matéria orgânica (g/kg)	19,03
Ca (cmol _c /kg)	6,30
Mg (cmol _c /kg)	2,10
K (cmol _c /kg)	2,78
Na (cmol _c /kg)	0,73
Al (cmol _c /kg)	0,30
H + Al (cmol _c /kg)	3,30
S (Soma de Bases)	11,9
T (Capacidade de troca catiônica)	15,2
V (Saturação por base) (%)	78
P assimilável (mg/kg)	358
Areia grossa (g/kg)	402
Areia fina (g/kg)	335
Silte (g/kg)	186
Argila (g/kg)	77

Fonte: autora (2020)

4.2.3 Caracterização dos ambientes

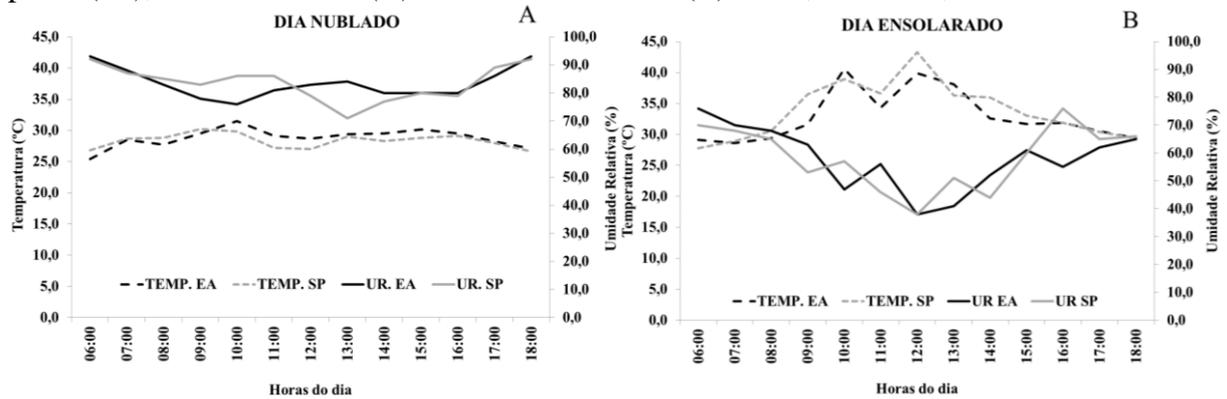
Fisicamente, o ambiente sol pleno caracteriza-se como área aberta, sem interferência na incidência dos raios solares sobre as plantas. O ambiente de estufa agrícola por sua vez, constitui-se por uma estrutura metálica, com teto em forma de arco, coberto por filme agrícola U.V.A. com espessura de 0,15 milímetros. Sob o filme, encontra-se um sombrite de 50% de interceptação, que recobre toda a superfície da estufa. Com dimensões de 10x24 metros e pé direito de 3,5 metros, a estufa é fechada na frente/fundo e lateralmente, com sombrite de 50%.

Para a caracterização climática dos ambientes sol pleno e estufa agrícola, foram realizadas duas observações: uma em dia nublado e a outra em dia de sol pleno. Em cada ocasião mensurou-se a umidade relativa (UR), a temperatura média (T °C) e a intensidade de radiação solar (R). As mensurações tiveram duração de 12 horas (das 6:00 às 18:00 horas), com intervalos de 60 minutos e foram realizadas em cada ambiente.

A temperatura máxima e mínima e a umidade relativa dos ambientes foram obtidas através de um termohigrômetro modelo MT-241 da empresa Minipa®. Para a medição da luminosidade nos ambientes experimentais, utilizou-se um luxímetro portátil modelo LD-300 da empresa Instrutherm®.

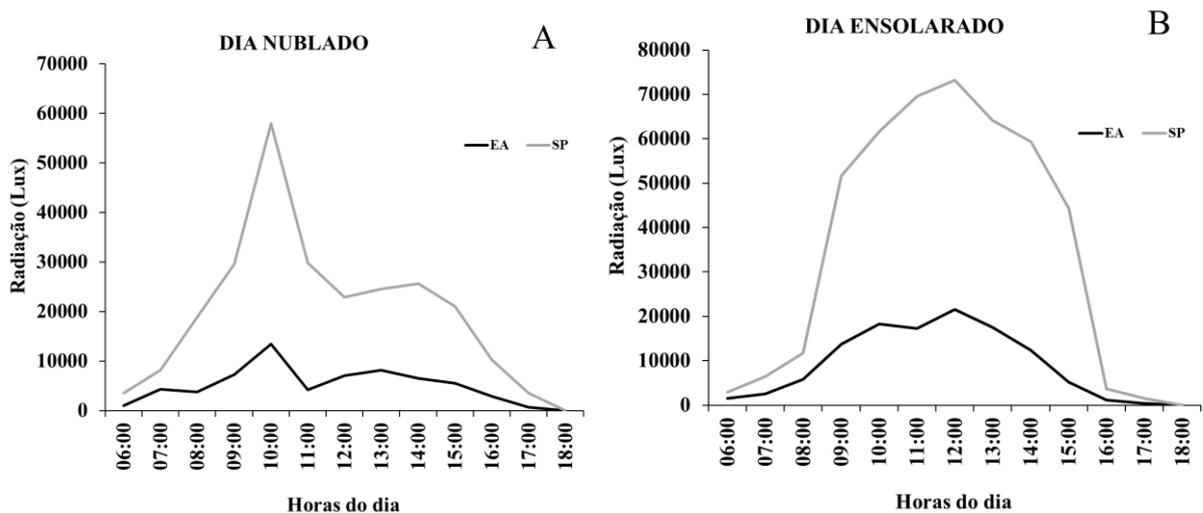
A Figura 28 representa os valores observados da temperatura média e umidade relativa nos dois ambientes, em dia nublado e em dia ensolarado. Já a radiação solar nos dois ambientes em dia nublado e ensolarado está representada na Figura 29.

Figura 28 - Temperatura média e umidade relativa no ambiente estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), em dia nublado (A) e em dia ensolarado (B). UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Figura 29 – Radiação solar no ambiente estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), em dia nublado (A) e em dia ensolarado (B). UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

4.2.4 Delineamento experimental

O procedimento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis repetições (quatro plantas por repetição). Como delineamento de tratamento, utilizou-se o de parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas constituídas pelo fator ambiente (sol pleno e estufa agrícola) e as subparcelas correspondendo às nove épocas de avaliação. Considerou-se a data da semeadura como marco inicial para a contagem

dos períodos de avaliações. Estas foram realizadas em intervalos regulares de 15 dias. Assim, em cada época foram avaliadas por espécie, 24 plantas de cada ambiente.

4.2.5 Variáveis analisadas

As variáveis respostas avaliadas no experimento foram as seguintes: número de folhas, altura da planta, diâmetro do coleto, comprimento da raiz, massas fresca da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz. Também foram calculados os diferentes índices de qualidade de mudas.

4.2.5.1 Número de folhas e altura da planta

O número de folhas foi contado manualmente. A altura foi mensurada com a utilização de uma régua graduada em cm, considerando-se a distância compreendida entre o colo da planta à gema apical.

4.2.5.2 Diâmetro do coleto

O diâmetro do colo foi mensurado na porção em contato com a superfície do solo, utilizando-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

4.2.5.3 Comprimento da raiz

Na mensuração do comprimento da raiz considerou-se a principal, na porção entre o colo da planta até o ápice do sistema radicular. Neste procedimento, foi utilizada uma régua graduada em cm.

4.2.5.4 Massas fresca e seca

O material foi separado em parte aérea e parte subterrânea, sendo pesado previamente para a determinação da massa fresca. Em seguida foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e submetidos à estufa de secagem, com circulação de ar, a 75 °C, para obtenção da massa seca. Ambas as massas (fresca e seca), foram aferidas em uma balança digital com precisão de 0,001 g.

4.2.5.5 Índice de qualidade de mudas

Para a determinação do índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), considerou-se a relação entre o peso seco total (PST) e as relações entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/DC) e entre peso seco da parte aérea e peso seco da raiz (PSPA/PSR) (MELO; CUNHA, 2008).

$$IQD = \frac{PST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{PSPA(g)}{PSR(g)}}$$

Onde:

PST: peso seco total;

H: altura;

DC: diâmetro do coleto;

PSPA: peso seco da parte aérea;

PSR: peso seco da raiz.

4.2.6 Análise e representação dos dados

Atendendo aos pressupostos da Análise de Variância (ANOVA), a saber: homocedasticidade, normalidade, independência e esfericidade, os dados coletados foram analisados para a verificação dos efeitos isolados e interação dos fatores. Quando a interação ambiente x época de avaliação foi significativa, efetuou-se o desdobramento da época dentro de cada ambiente através de análise de regressão pelo método dos polinômios ortogonais. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Software Sisvar[®] (FERREIRA, 2014) e os gráficos foram gerados no Microsoft Excel[®]2016.

4.3 Resultados

Os aspectos relacionados ao crescimento inicial das espécies *A. digitata* L., *C. grandis* L.f., *C. odorata* L., *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, encontram-se descritos a seguir.

4.3.1 *Adansonia digitata* L. (baobá)

Na Tabela 4 encontra-se o resumo da análise de variância referente ao número de folhas, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) para o número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	ALT	DC	CR
Ambiente (A)	1	26,999970**	8.795,463967**	24,768076**	109,605906**
Erro (a)	10	0,934158	5,985566	0,270048	2,066800
Época (B)	8	424,600537**	1.126,949346**	133,428513**	669,822354**
Interação A x B	8	3,465271**	293,971593**	4,259146**	4,719539 ^{ns}
Erro (b)	80	0,922120	8,574834	0,493099	6,540585
CV _(A) (%)	-	5,35	6,79	5,30	3,91
CV _(B) (%)	-	5,31	8,13	7,16	6,96

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Houve efeito significativo nas três primeiras variáveis, a 1% de probabilidade, em ambos os fatores avaliados, bem como em suas interações. O comprimento da raiz apresentou significância nos fatores isolados, entretanto a interação de AxB não foi significativa. Os coeficientes de variação mostraram-se entre 5 e 9%.

Em ambos os ambientes estudados observou-se comportamento semelhante para a variável número de folhas até aos 60 dias após a semeadura (DAS). A partir de então, o ambiente estufa agrícola proporcionou maior número de folhas. Aos 150 dias, as mudas sob o ambiente estufa agrícola e sob o ambiente sol pleno, apresentaram médias de 28 folhas/planta e 27 folhas/planta, respectivamente (Figura 30A). As interações entre os fatores apresentaram

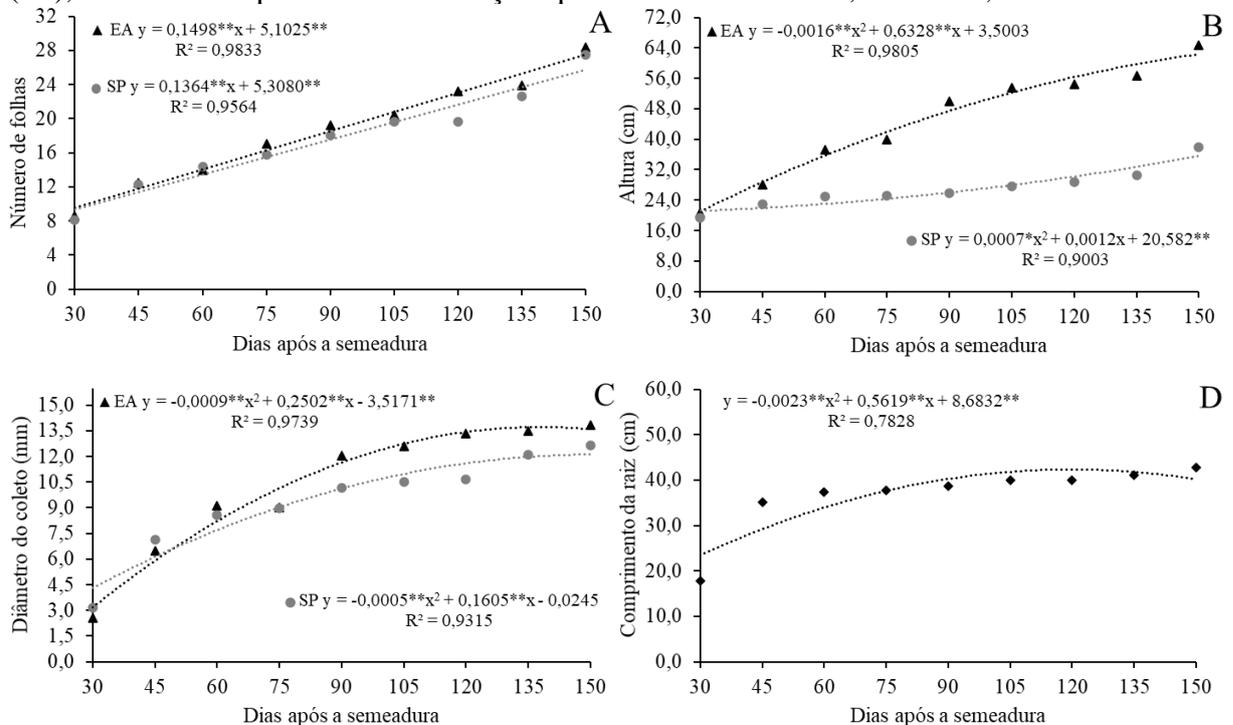
ajuste linear, com coeficiente de determinação (R^2) de 98,33% para as médias obtidas em estufa agrícola e 95,64% em sol pleno.

Na variável altura, obteve-se maiores médias em estufa agrícola (Figura 30B). Ao atingir 150 dias de idade, as mudas mantidas em estufa agrícola apresentaram altura média de 64,72 cm e sob sol pleno, 38,01 cm. Em ambos os ambientes se observou ajustes quadráticos com R^2 acima de 90%.

No início das avaliações, as mudas sob estufa agrícola apresentaram menor diâmetro do coleto, entretanto a partir de 60 DAS, esse ambiente proporcionou incremento na referida variável, em comparação ao ambiente sol pleno. Observou-se ajustes quadráticos nos dois ambientes, com R^2 elevados (Figura 30C).

Na variável comprimento da raiz, não houve efeito significativo para a interação AxB, sendo assim, analisou-se o fator época isoladamente, o qual apresentou um comportamento quadrático, com R^2 igual a 78,28%. Observou-se alongamento radicular até aos 105 DAS e a partir desse período, não houve crescimento significativo (Figura 30D).

Figura 30 - Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Na Tabela 5 está descrito o resumo da análise de variância para massa fresca e seca da parte aérea e da raiz e o índice de qualidade de Dickson.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM				
		MFPA	MFRA	MSPA	MSRA	IQD
Ambiente (A)	1	3.503,412315**	3.827,199536**	143,274959**	30,862415**	36,839164**
Erro (a)	10	1,281216	4,014016	0,079959	1,257735	0,196177
Época (B)	8	1.167,047077**	19.153,368490**	111,803942**	1.220,030340**	139,651761**
Interação A x B	8	214,783481**	1.342,672416**	19,320089**	44,418657**	2,666841**
Erro (b)	80	1,271105	5,151590	0,215121	1,023014	0,250873
CV _(A) (%)	-	6,01	3,52	6,27	8,91	9,76
CV _(B) (%)	-	5,99	3,98	10,28	8,03	11,03

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Conforme a análise, constatou-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, tanto nos fatores isolados, quanto na interação entre os fatores ambiente e tempo, para todas as variáveis. A variabilidade dos dados mostrou-se entre 3,5% e 11,1% para todas as variáveis analisadas.

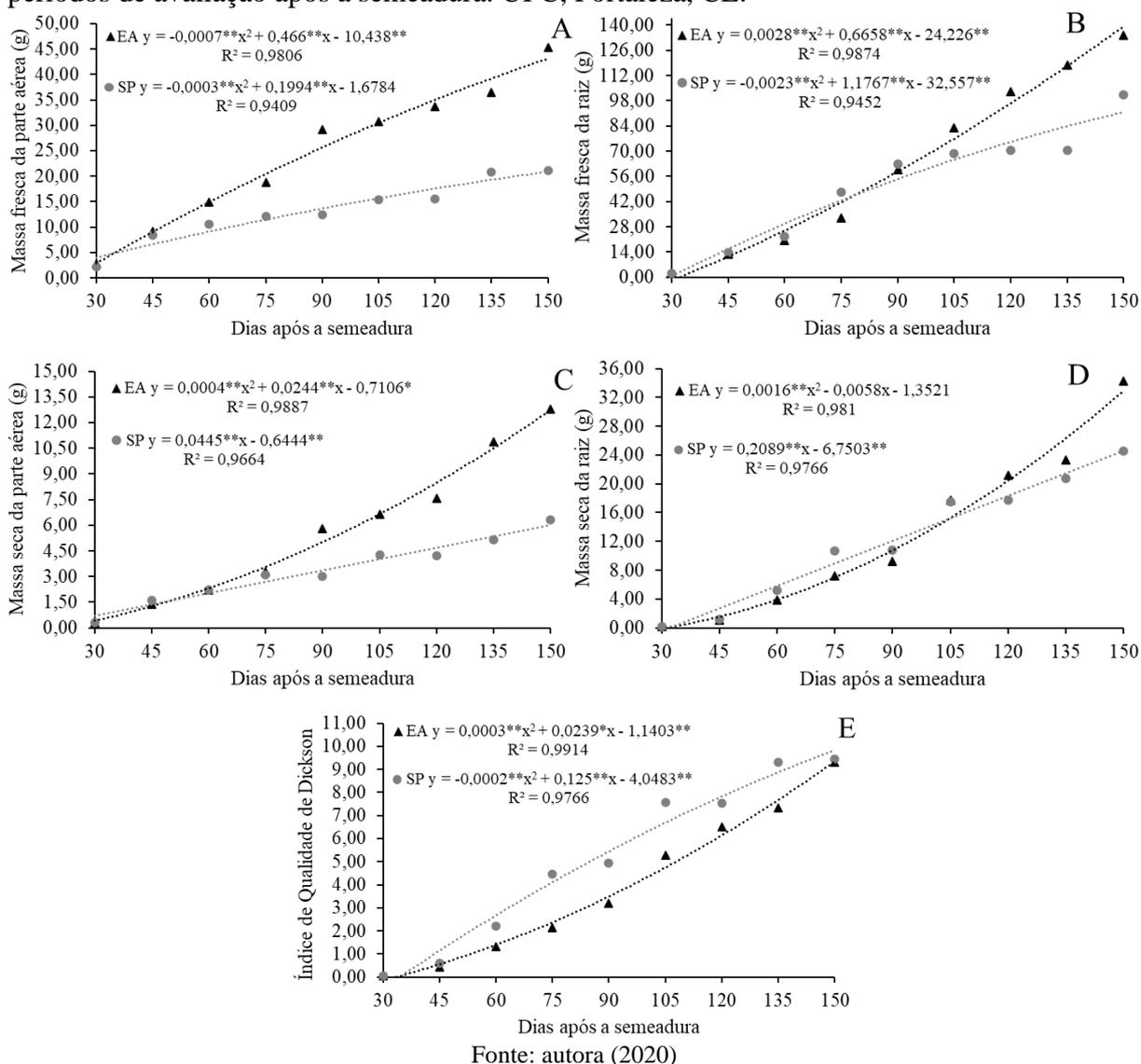
Maiores médias de massa fresca da parte aérea foram obtidas a partir de 45 DAS, nas mudas sob o ambiente estufa agrícola. Aos 150 dias, as mudas mantidas neste ambiente apresentaram médias de 45,30 g.planta⁻¹, enquanto em ambiente sol pleno, obteve-se mudas com 21,15 g.planta⁻¹ (Figura 31A). Na variável massa fresca da raiz, foram observadas maiores médias a partir de 105 DAS, nas mudas mantidas em estufa agrícola (Figura 31B). Em ambas as variáveis houve um ajuste quadrático para as interações, com R² acima de 94%.

O ambiente estufa agrícola proporcionou maiores médias de massa seca da parte aérea, a partir de 60 DAS (Figura 31C) e de massa seca da raiz, a partir de 105 DAS (Figura 31D). Na última avaliação, as mudas em estufa agrícola e em sol pleno, apresentaram médias de massa seca da parte aérea igual a 12,81 g.planta⁻¹ e 6,33 g.planta⁻¹, respectivamente. As médias obtidas na massa seca da raiz foram de 34,25 g.planta⁻¹ em estufa agrícola e 24,54 g.planta⁻¹ em sol pleno. Em ambas as variáveis citadas, as interações apresentaram ajuste quadrático, com R² superiores a 98%, no ambiente estufa agrícola e ajuste linear, com R² acima de 96%, no ambiente sol pleno.

O índice de qualidade de Dickson apresentou maiores valores para as mudas sob sol pleno, a partir de 45 DAS. Entretanto, aos 150 DAS verificou-se valores próximos, com

médias iguais a 9,32 e 9,46 para o ambiente estufa agrícola e sol pleno, respectivamente (Figura 31E). As equações foram ajustadas ao modelo quadrático, com R^2 acima de 97%.

Figura 31 - Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Adansonia digitata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



4.3.2 *Cassia grandis* L.f. (cássia-rósea)

Com base na análise de variância, observou-se efeito significativo a 1% de probabilidade no fator ambiente, apenas para as variáveis altura e diâmetro do coleto. Por outro lado, o fator época de avaliação, apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade, em todas as variáveis (Tabela 6).

A interação entre os fatores (ambiente x época de avaliação) exerceu efeito significativo a 1% de probabilidade, apenas sobre a variável altura, sendo não significativa nas demais variáveis. Os coeficientes de variação apresentaram-se entre 7 e 12%.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a repicagem. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	ALT	DC	CR
Ambiente (A)	1	2,370370 ^{ns}	1.500,877890**	7,259259**	1,192801 ^{ns}
Erro (a)	10	1,151852	4,835768	0,162426	23,205505
Época (B)	8	86,255208**	382,909289**	13,294554**	227,962917**
Interação A x B	8	1,063079 ^{ns}	41,599275**	0,226811 ^{ns}	25,951447 ^{ns}
Erro (b)	80	0,671644	6,006636	0,166863	17,746994
CV _(A) (%)	-	9,71	7,47	10,88	10,94
CV _(B) (%)	-	7,41	8,33	11,03	9,57

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

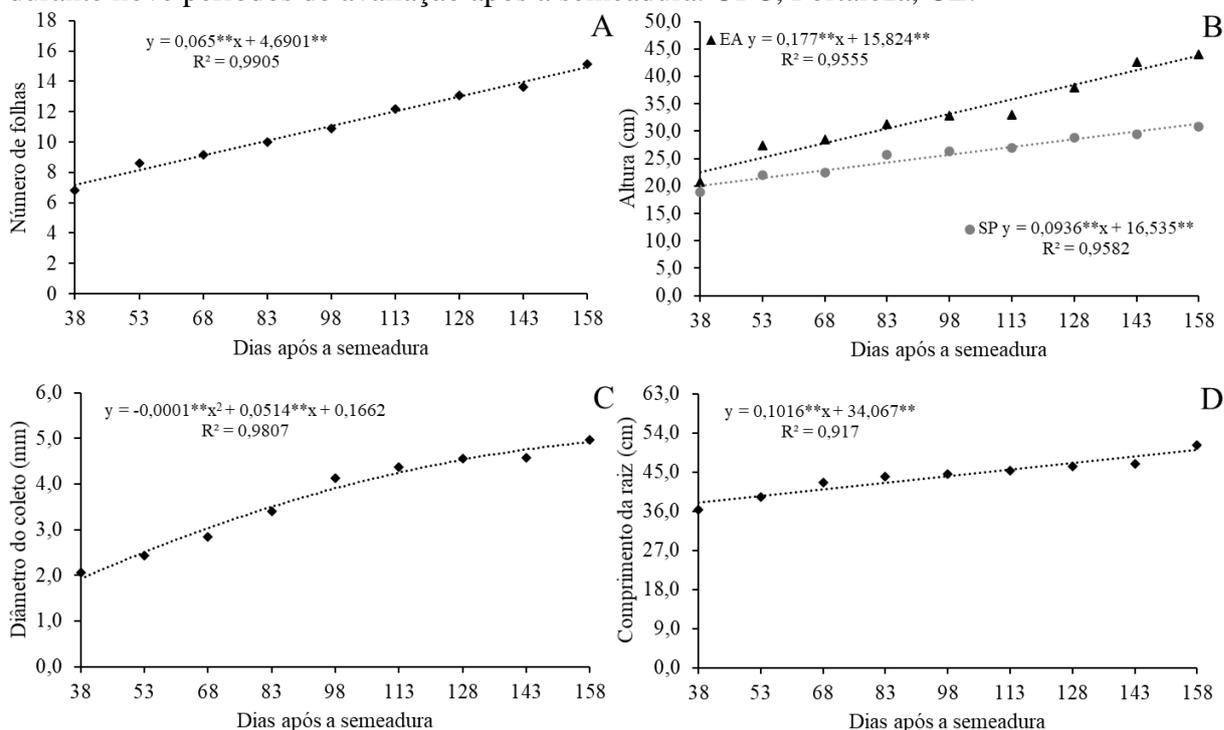
A variável número de folhas não apresentou efeito significativo para a interação entre os fatores ambiente e época, assim, analisou-se o fator época isoladamente, o qual apresentou um comportamento linear, com R² igual a 99,05%. No final da avaliação, observou-se média de 15 folhas/planta (Figura 32A).

Em todas as épocas de avaliação, verificou-se que o ambiente estufa agrícola proporcionou maiores médias para a variável altura (Figura 32B). Na última avaliação, ocorrida aos 158 DAS, observou-se médias de 43,98 cm e 30,78 cm de altura das mudas sob ambiente estufa agrícola e sob sol pleno, respectivamente. As interações entre os fatores apresentaram um ajuste linear, com R² acima de 95%.

Na variável diâmetro do coleto, não houve efeito significativo na interação entre os fatores analisados. Assim, o fator época foi analisado isoladamente. Aos 158 DAS essa variável apresentou média de 4,97 mm. Observou-se ajuste quadrático com R² igual a 98,07% (Figura 32C).

A variável comprimento da raiz não apresentou efeito significativo para a interação AxB, sendo assim, analisou-se o fator época isoladamente, o qual apresentou um comportamento linear, com R² igual a 91,7%. Aos 158 DAS a raiz principal apresentou 51,13 cm de comprimento (Figura 32D).

Figura 32 - Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020)

Na Tabela 7 está descrito o resumo da análise de variância para massa fresca e seca da parte aérea e da raiz e o índice de qualidade de Dickson.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a repicagem. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM				
		MFPA	MFR	MSPA	MSR	IQD
Ambiente (A)	1	7,122502**	179,529352**	0,629445 ^{ns}	6,424058**	3,157053**
Erro (a)	10	0,546939	1,020986	0,140103	0,180518	0,017866
Época (B)	8	45,795898**	291,409012**	15,432804**	59,066209**	2,496514**
Interação A x B	8	0,933911*	7,420732**	0,076688 ^{ns}	0,774482**	0,173731**
Erro (b)	80	0,449668	0,872931	0,100460	0,154948	0,020110
CV _(A) (%)	-	14,06	11,50	16,39	13,81	20,09
CV _(B) (%)	-	12,75	10,64	13,88	12,80	21,31

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

A variável massa fresca da parte aérea apresentou efeito significativo a 1% de probabilidade nos fatores isolados e a 5% na interação entre os fatores. Na variável massa seca da parte aérea houve efeito significativo a 1% apenas no fator época. Nas demais variáveis analisadas constatou-se efeito significativo a 1% de probabilidade tanto nos fatores isolados, quanto em suas interações. A variabilidade dos dados do IQD mostrou-se acima de 20%, para ambos os fatores, já para as demais variáveis ficou entre 10% e 17%.

Na massa fresca da parte aérea observou-se comportamento similar até aos 68 DAS, entre os dois ambientes estudados. Após esse período o ambiente estufa agrícola proporcionou maiores médias para esta variável. Aos 158 dias, as mudas sob este ambiente apresentaram médias de 9,46 g.planta⁻¹ e 8,12 g.planta⁻¹ sob sol pleno (Figura 33A). As interações mostraram melhor ajuste ao modelo linear, com R² de 92,43% para o ambiente estufa agrícola e 96,44% para o ambiente sol pleno.

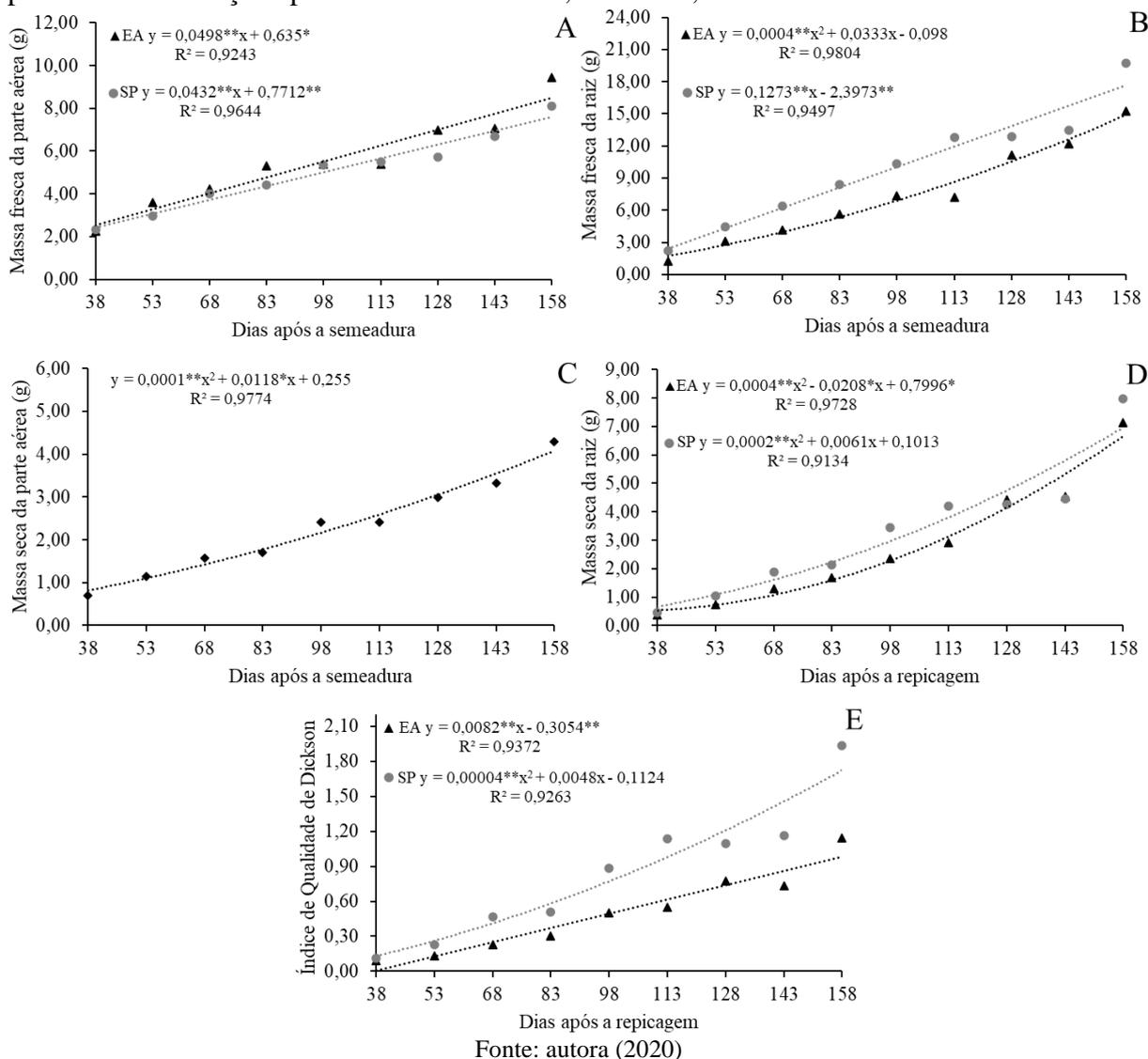
A variável massa fresca da raiz, apresentou maiores médias em mudas mantidas sob sol pleno, durante todos os períodos de avaliação (Figura 33B). As interações ajustaram-se ao modelo quadrático no ambiente estufa agrícola, com R² igual a 98,04% e ao modelo linear no ambiente sol pleno, com R² de 94,97%.

Na variável massa seca da parte aérea não houve efeito significativo na interação entre os fatores, portanto, o fator época foi analisado isoladamente (Figura 33C). Aos 158 DAS observou-se média de 4,29 g.planta⁻¹. Os dados ajustaram-se ao modelo quadrático com R² igual a 97,74%.

O ambiente sol pleno proporcionou maiores médias de massa seca da raiz em todas as épocas de avaliação (Figura 33D). Aos 158 DAS, as mudas sob o ambiente estufa agrícola e o ambiente sol pleno, apresentaram médias de 7,14 g.planta⁻¹ e 7,98 g.planta⁻¹, respectivamente. As interações apresentaram ajuste quadrático, com R² superiores a 91%.

O índice de qualidade de Dickson foi semelhante nos dois ambientes, na primeira avaliação. A partir de então, as médias obtidas das mudas sob o ambiente sol pleno foram superiores. Aos 158 DAS, obteve-se médias iguais a 1,14 e 1,93 para o ambiente estufa agrícola e o ambiente sol pleno, respectivamente (Figura 33E). As interações apresentaram ajuste linear no ambiente estufa agrícola, com R² de 93,72% e ajuste quadrático em sol pleno, com R² igual a 92,63%.

Figura 33 - Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Cassia grandis* L.f., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



4.3.3 *Cedrela odorata* L. (*cedro*)

Na Tabela 8 encontra-se o resumo da análise de variância para as seguintes variáveis: número de folhas, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz. Observou-se significância a 1% de probabilidade em todas as variáveis analisadas, tanto nos dois fatores isolados, quanto em suas interações. Os coeficientes de variação mostraram-se entre 6 e 14% nas referidas variáveis.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Cedrela odorata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a sementeira. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	ALT	DC	CR
Ambiente (A)	1	3,342593**	128,980561**	57,094219**	34,761898**
Erro (a)	10	0,324537	0,377520	0,521515	0,664430
Época (B)	8	100,240162**	69,606156**	115,520097**	729,206993**
Interação A x B	8	2,014468**	22,245626**	27,111628**	19,178299**
Erro (b)	80	0,287037	0,526822	0,322203	1,644787
CV _(A) (%)	-	7,88	6,75	13,19	6,50
CV _(B) (%)	-	7,41	7,97	10,37	10,23

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

A variável número de folhas apresentou comportamento idêntico nos dois ambientes estudados, contudo, a estufa agrícola proporcionou médias superiores nas últimas avaliações (Figura 34A). Aos 156 DAS, foram obtidos valores médios de 13 folhas/planta e 10 folhas/planta, em estufa agrícola e sol pleno, respectivamente. Observou-se ajuste quadrático em estufa agrícola e linear em sol pleno, com R² superiores a 96%.

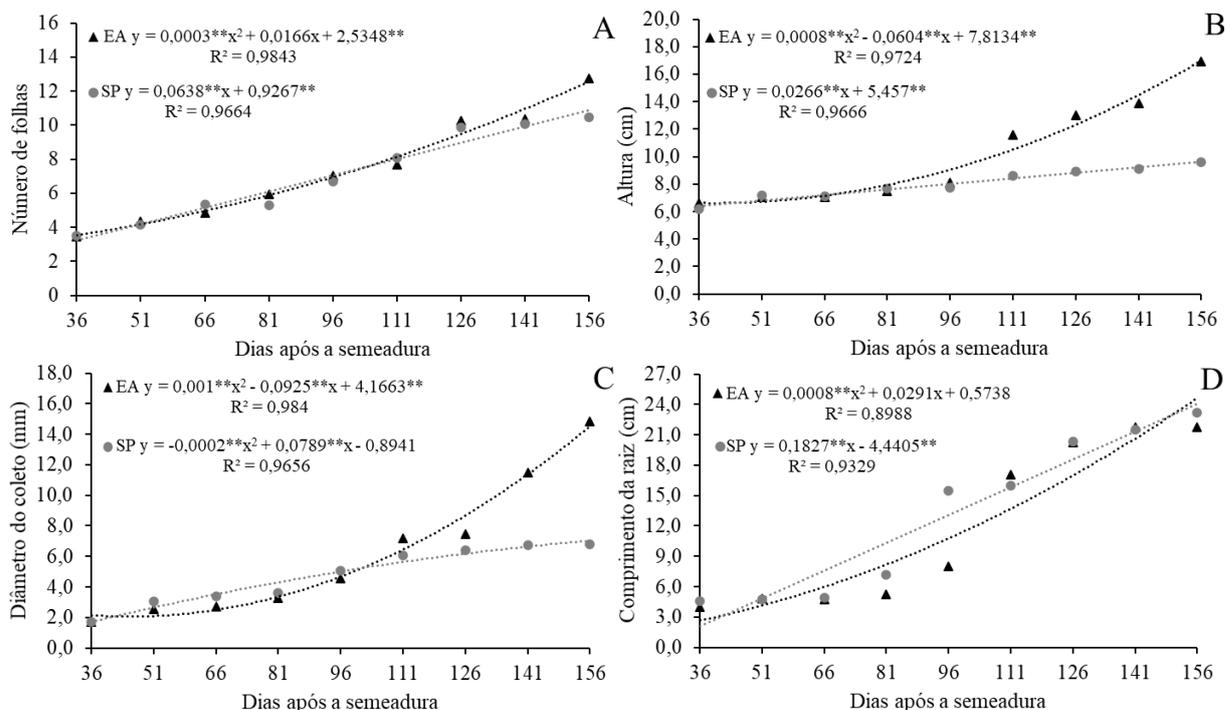
Na variável altura verificou-se semelhança entre as médias obtidas até aos 81 DAS, nos dois ambientes analisados. Após esse período, observou-se maior crescimento das mudas, sob o ambiente estufa agrícola (Figura 34B). Aos 156 DAS, obteve-se médias de 16,93 cm e 9,62 cm, sob ambiente estufa agrícola e sob sol pleno, respectivamente. As interações entre os fatores apresentaram um ajuste quadrático para os dados obtidos em estufa agrícola e linear para os dados obtidos em sol pleno, com R² de 97,24% e 96,66%, respectivamente.

A variável diâmetro do coleto apresentou desempenho semelhante, em ambos os ambientes na primeira avaliação. Da segunda até a quinta avaliação, as mudas sob sol pleno apresentaram maiores médias. A partir de então, as mudas sob estufa agrícola se sobressaíram (Figura 34C). Aos 156 DAS o ambiente estufa agrícola proporcionou média para essa variável, de 14,84 mm e o ambiente sol pleno apresentou média de 6,77 mm. Observou-se ajustes quadrático com R² acima a 96%.

Para o comprimento da raiz o ambiente sol pleno proporcionou maiores valores. Na última avaliação obteve-se média de 21,76 cm em estufa agrícola e 23,19 cm em sol pleno

(Figura 34D). A equação ajustou-se ao modelo quadrático, com R^2 igual a 89,88% em estufa agrícola. Já em sol pleno, ajustou-se ao modelo linear, com R^2 de 93,29%.

Figura 34 - Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Cedrela odorata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

A análise de variância para as variáveis massa fresca e seca da parte aérea e da raiz e o índice de qualidade de Dickson estão apresentados na Tabela 9. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade, na interação entre os fatores analisados. De igual modo, os fatores isolados apresentaram significância, em quase todas as variáveis, exceto na massa fresca da raiz, onde o fator ambiente foi não significativo. Observou-se altos coeficientes de variação, principalmente nas variáveis massa seca da raiz e no índice de qualidade de Dickson.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cedrela odorata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM				
		MFPA	MFR	MSPA	MSR	IQD
Ambiente (A)	1	120,579594**	0,004575 ^{ns}	27,781829**	2,609645**	3,087523**
Erro (a)	10	0,220633	0,198025	0,062421	0,044662	0,054463
Época (B)	8	81,400635**	67,639967**	11,283446**	8,923721**	7,365826**
Interação A x B	8	26,463401**	2,808096**	5,665562**	1,898637**	2,021309**
Erro (b)	80	0,204895	0,128529	0,043343	0,030685	0,035012
CV _(A) (%)	-	16,22	20,30	27,57	33,56	42,29
CV _(B) (%)	-	15,63	16,35	22,97	27,82	33,91

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Os ambientes estudados forneceram resposta semelhante, na produção de massa fresca da parte aérea até aos 96 DAS. Após esse período, observou-se que as mudas sob o ambiente estufa agrícola, forneceram maiores médias para esta variável (Figura 35A). Aos 156 DAS, obteve-se médias de 12,01 g.planta⁻¹, nas mudas sob estufa agrícola e 4,03 g.planta⁻¹ em ambiente sol pleno. As interações foram ajustadas ao modelo quadrático, com R² acima de 97%.

Inicialmente, a produção de massa fresca da raiz foi favorecida pelo ambiente sol pleno, entretanto nas duas avaliações finais, observou-se que o ambiente estufa agrícola proporcionou maiores médias para esta variável (Figura 35B). Aos 156 DAS as mudas sob estufa agrícola e sol pleno apresentaram médias de 7,65 g.planta⁻¹ e 5,90 g.planta⁻¹, respectivamente. Em ambos os ambientes, as interações ajustaram-se ao modelo quadrático, com R² superiores a 95%.

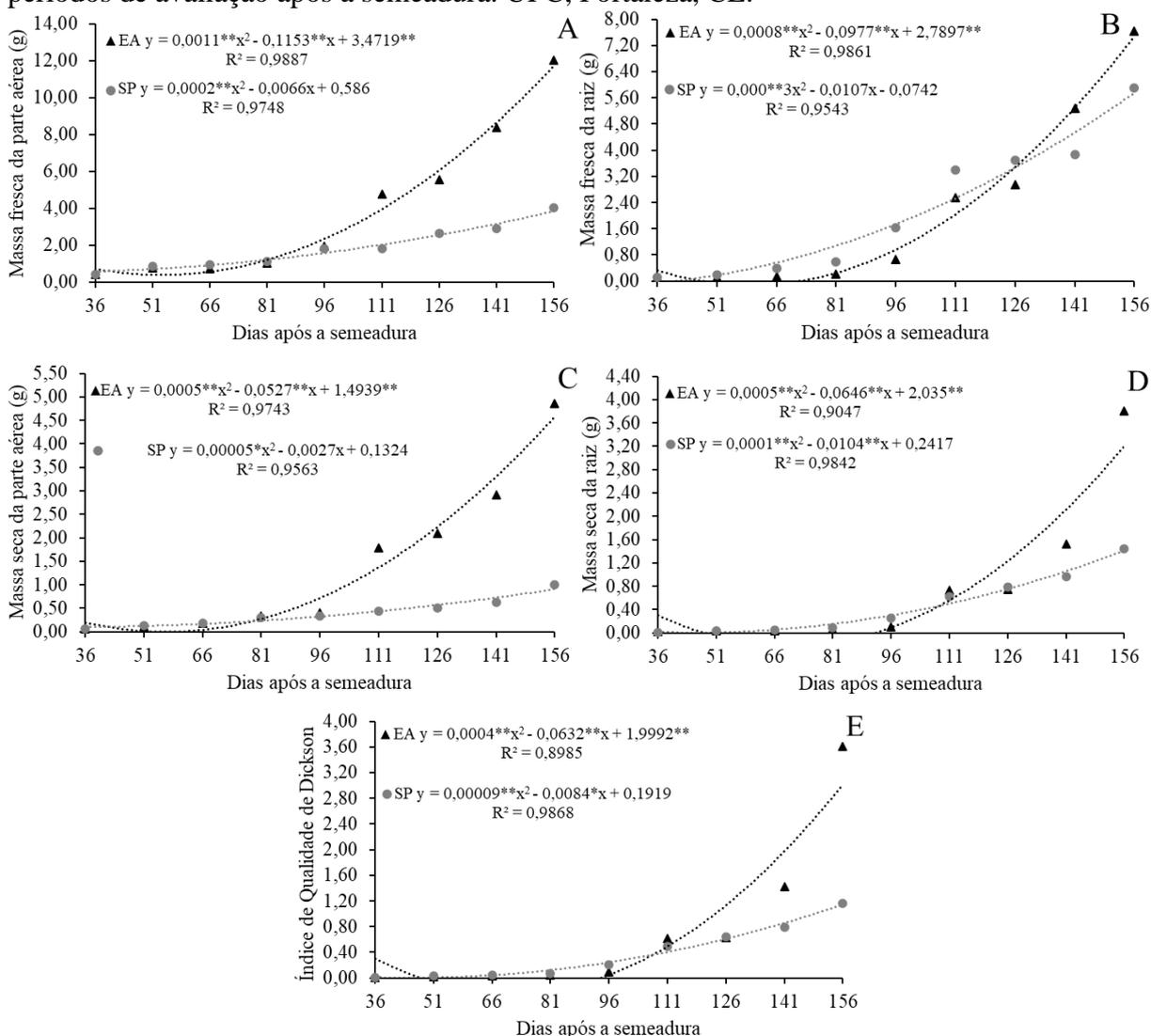
Na variável massa seca da parte aérea, observou-se comportamento semelhante em ambos os ambientes, até aos 96 DAS. A partir de então, as mudas mantidas em estufa agrícola se sobressaíram (Figura 35C). No final da avaliação obteve-se médias de 4,85 g.planta⁻¹ e 1,00 g.planta⁻¹, para os ambientes estufa agrícola e sol pleno, respectivamente. Verificou-se um ajuste quadrático, com R² acima de 95%.

Na variável massa seca da raiz obteve-se médias semelhantes nos ambientes estudados, até aos 81 DAS. Entretanto, nas duas últimas avaliações observou-se que as mudas sob estufa agrícola forneceram maiores médias (Figura 35D). Assim, aos 156 DAS, a média

obtida nesse ambiente foi de 3,80 g.planta⁻¹ e em sol pleno, 1,44 g.planta⁻¹. As interações apresentaram ajuste quadrático, com R² superior a 90%.

O índice de qualidade de Dickson foi semelhante nos dois ambientes até aos 81 DAS. A partir de 111 DAS, as médias obtidas em ambiente estufa agrícola foram superiores. No final da avaliação, obteve-se médias iguais a 3,61 e 1,16 para o ambiente estufa agrícola e o ambiente sol pleno, respectivamente (Figura 35E). As equações se ajustaram ao modelo quadrático, com R² de 89,85% e 98,68%, nos dados obtidos em estufa agrícola e sol pleno, respectivamente.

Figura 35 - Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Cedrela odorata* L., sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

4.3.4 *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (*ipê-amarelo*)

Na Tabela 10 encontra-se o resumo da análise de variância para o número de folhas, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz. Observou-se a presença de efeito significativo a 1% de probabilidade, em ambos os fatores avaliados e em suas interações, nas variáveis supracitadas. A variabilidade dos dados mostrou-se de 8,55% a 15%.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	ALT	DC	CR
Ambiente (A)	1	131,671875**	118,844357**	20,323356**	1.005,127552**
Erro (a)	10	1,740394	0,607370	0,043595	3,672696
Época (B)	8	189,218027**	106,382166**	10,186068**	564,877241**
Interação A x B	8	8,352865**	7,878787**	1,527653**	38,415299**
Erro (b)	80	0,625550	0,646458	0,092189	1,837857
CV _(A) (%)	-	14,26	11,17	9,48	15,00
CV _(B) (%)	-	8,55	11,52	13,78	10,61

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Na primeira avaliação, a variável número de folhas apresentou comportamento similar nos dois ambientes analisados. A partir da segunda avaliação notou-se que o ambiente sol pleno favoreceu essa variável (Figura 36A). Entretanto, na última avaliação, ocorrida aos 154 DAS, obteve-se média de 15 folhas/planta nos dois ambientes. Observou-se ajuste quadrático nas interações de ambos os ambientes, com R² elevados, acima de 96%.

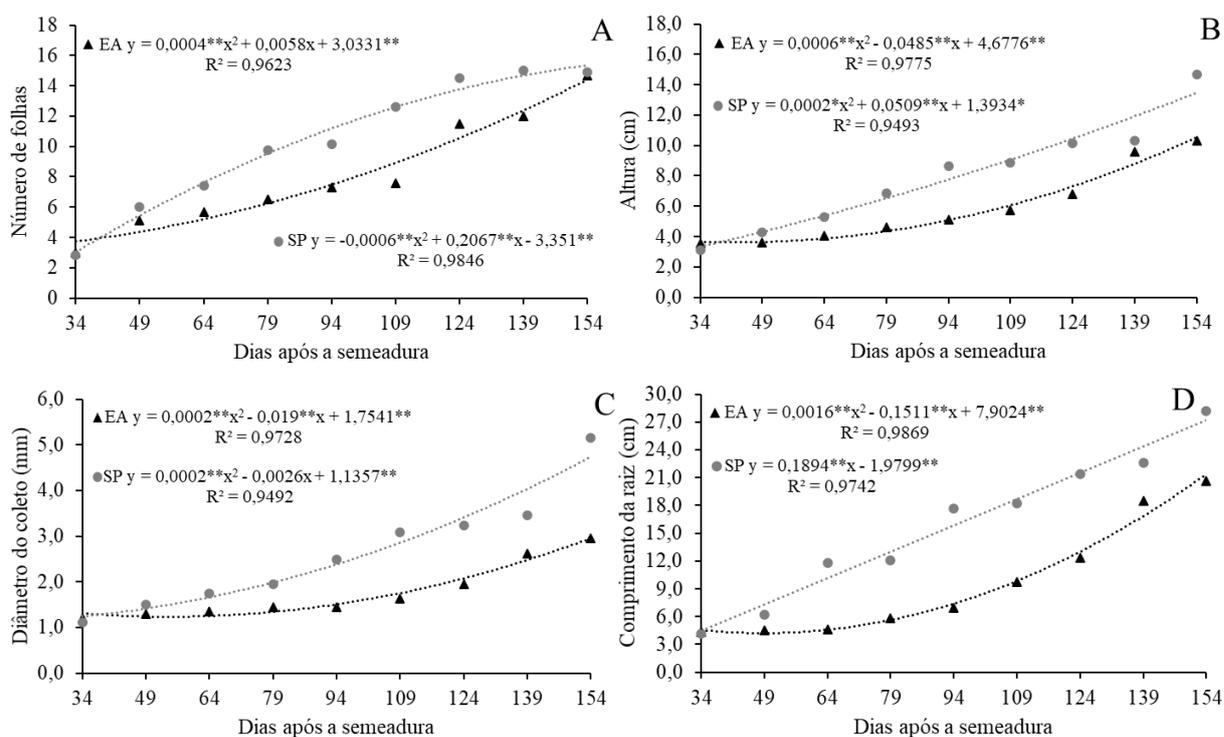
Na variável altura, o ambiente estufa agrícola proporcionou maior média na primeira avaliação, todavia, nas avaliações subsequentes, as médias obtidas em ambiente sol pleno, foram superiores (Figura 36B). Na última avaliação, ou seja, aos 154 DAS, obteve-se médias de 10,33 cm e 14,70 cm, nas mudas mantidas em estufa agrícola e em sol pleno, respectivamente. As interações entre os fatores apresentaram um ajuste quadrático, com R² superiores a 94%.

Na variável diâmetro do coleto, observou-se desempenho semelhante em ambos os ambientes, na primeira avaliação. Porém, nas avaliações posteriores constatou-se melhor desempenho das mudas mantidas em ambiente sol pleno (Figura 36C). Aos 154 DAS o

ambiente estufa agrícola proporcionou média de 2,95 mm e o ambiente sol pleno apresentou média de 5,16 mm. As interações ajustaram-se ao modelo quadrático, com R^2 maiores que 94%.

Para o comprimento da raiz, notou-se que o ambiente sol pleno proporcionou maiores médias, apresentando um crescimento linear durante as épocas de avaliação. Por outro lado, em estufa agrícola o crescimento foi menor e adequou-se a um ajuste quadrático. Na última avaliação, as médias obtidas foram de 20,65 cm em estufa agrícola e 28,20 cm em sol pleno (Figura 36D). Constatou-se elevados coeficientes de determinação, acima de 97%.

Figura 36 - Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

A análise de variância da Tabela 11 refere-se ao quadrado médio (QM) da massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz e índice de qualidade de Dickson. Nessas variáveis houve efeito significativo a 1%, nos fatores isolados e em suas interações. Quanto aos coeficientes de variação, observou-se que as variáveis massa fresca e seca da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson, apresentaram valores relativamente altos, indicando uma precisão média dos dados.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM				
		MFPA	MFRA	MSPA	MSRA	IQD
Ambiente (A)	1	97,408241**	106,559496**	6,325231**	9,401302**	2,267934**
Erro (a)	10	0,093245	0,068164	0,009853	0,004529	0,001705
Época (B)	8	25,289206**	59,566497**	1,861999**	3,090706**	0,705733**
Interação A x B	8	11,668956**	15,378808**	0,859281**	2,040004**	0,469749**
Erro (b)	80	0,076734	0,072101	0,007120	0,005005	0,001947
CV _(A) (%)	-	22,22	15,65	26,28	17,41	21,70
CV _(B) (%)	-	20,15	16,10	22,34	18,30	23,20

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Na primeira avaliação, obteve-se maior média para a variável massa fresca da parte aérea, nas mudas mantidas em estufa agrícola. Nas avaliações subsequentes, as médias obtidas em ambiente sol pleno, foram superiores (Figura 37A). Aos 154 DAS, as médias atingidas foram de 1,46 g.planta⁻¹ e 6,97 g.planta⁻¹ nas mudas sob estufa agrícola e em ambiente sol pleno, respectivamente. As interações foram ajustadas ao modelo quadrático, com R² acima de 97%.

Na variável massa fresca da raiz, o ambiente sol pleno proporcionou maiores médias ao longo de todas as avaliações (Figura 37B). Aos 154 dias as mudas sob estufa agrícola e sol pleno apresentaram médias de 3,61 g.planta⁻¹ e 9,93 g.planta⁻¹, respectivamente. As interações ajustaram-se ao modelo quadrático, com R² de 85,46% no ambiente estufa agrícola e 97,93% em sol pleno.

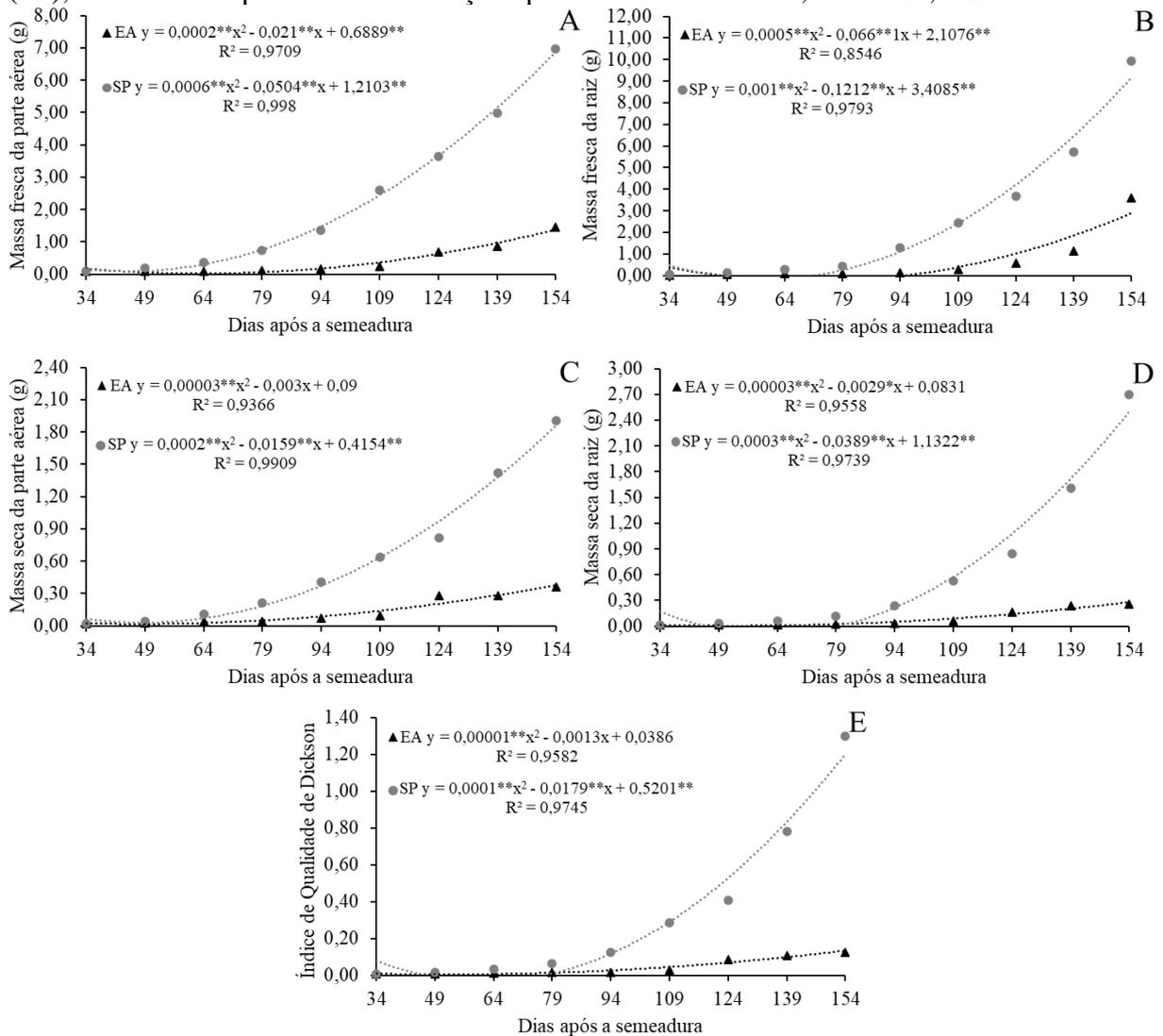
Na variável massa seca da parte aérea, observou-se desempenho idêntico em ambos os ambientes, na primeira avaliação. A partir de 49 DAS, as mudas mantidas sob sol pleno superaram as demais (Figura 37C). Na avaliação final, obteve-se médias de 0,36 g.planta⁻¹ e 1,90 g.planta⁻¹, para os ambientes estufa agrícola e sol pleno, respectivamente. Verificou-se um ajuste quadrático, com R² maiores que 93%.

Na variável massa seca da raiz obteve-se médias semelhantes nos ambientes estudados, aos 34 DAS. Nas avaliações subsequentes, observou-se que as mudas mantidas sob sol pleno forneceram maiores médias (Figura 37D). Assim, aos 154 DAS, as médias obtidas

foram de $0,26 \text{ g.planta}^{-1}$ e $2,70 \text{ g.planta}^{-1}$, em estufa agrícola e em sol pleno, respectivamente. As interações apresentaram ajuste quadrático, com R^2 superiores a 95%.

O índice de qualidade de Dickson foi similar em ambos os ambientes, na primeira avaliação. A partir de 49 DAS, as médias calculadas para o ambiente sol pleno, mostraram-se superiores. No final da avaliação, obteve-se médias iguais a 0,13 e 1,30 para o ambiente estufa agrícola e o ambiente sol pleno, respectivamente (Figura 37E). As médias se ajustaram ao modelo quadrático, com R^2 acima de 90%.

Figura 37 - Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

4.3.5 *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore (*craibeira*)

Na Tabela 12 encontra-se o resumo da análise de variância para o número de folhas, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz. Constatou-se efeito significativo a 1% de probabilidade apenas no fator época, para todas as variáveis. O fator ambiente apresentou significância somente na variável altura. A interação entre os fatores, foi significativa a 1% nas variáveis altura e diâmetro do coleto e a 5%, na variável comprimento da raiz. Os coeficientes de variação mostraram-se de 6,40% a 12,79%.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente ao número de folhas (NF), altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e comprimento da raiz (CR) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM			
		NF	ALT	DC	CR
Ambiente (A)	1	0,792245 ^{ns}	766,414153**	0,607500 ^{ns}	9,376423 ^{ns}
Erro (a)	10	0,831134	3,941995	0,297525	3,984287
Época (B)	8	121,656829**	506,590477**	95,998634**	223,018679**
Interação A x B	8	0,448495 ^{ns}	61,610737**	0,963359**	9,058420*
Erro (b)	80	0,402488	3,511018	0,243523	3,453917
CV _(A) (%)	-	9,20	9,06	12,79	8,95
CV _(B) (%)	-	6,40	8,56	11,57	8,33

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

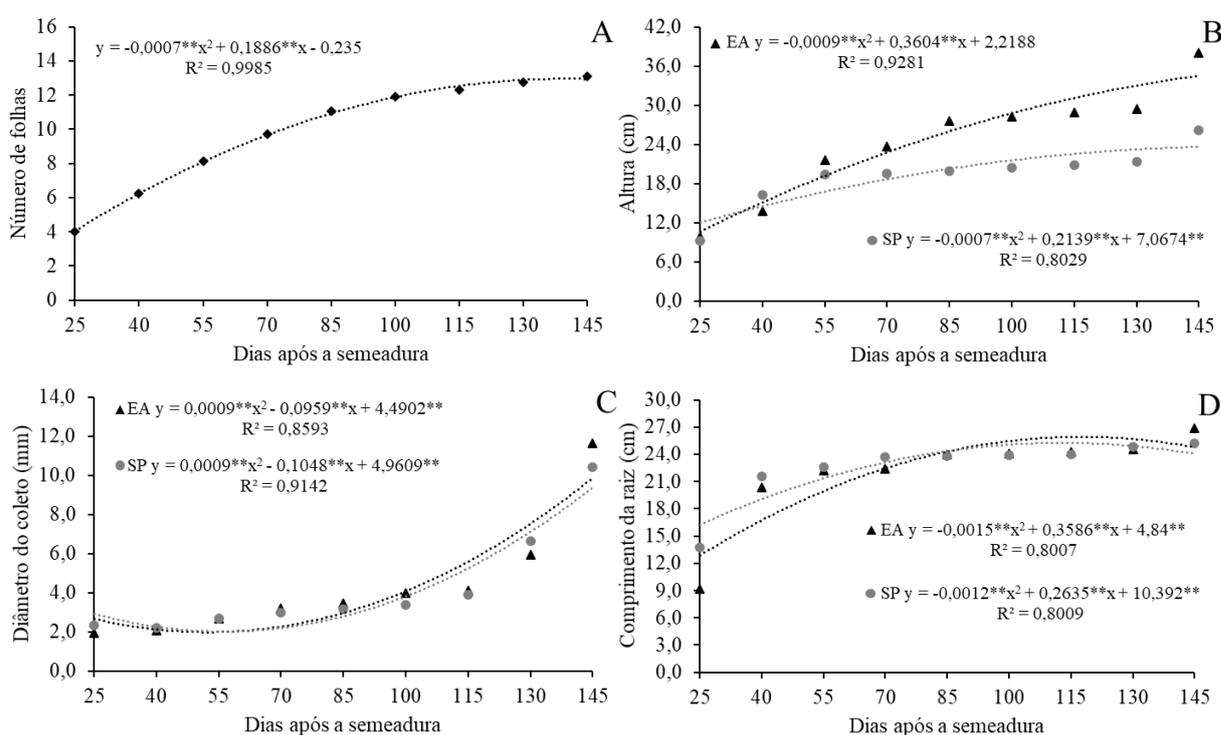
Na variável número de folhas não houve efeito significativo para a interação Ax B (tempo x época), portanto, analisou-se o fator época isolado, o qual apresentou um comportamento quadrático, com R² de 99,85. Aos 130 DAS, obteve-se média de 13 folhas/planta, média esta, que se manteve na última avaliação, ocorrida aos 145 dias (Figura 38A).

Verificou-se desempenho semelhante, nos dois ambiente estudados, para a variável altura, aos 25 DAS. A partir de 55 dias, as mudas mantidas em estufa agrícola apresentaram maior crescimento em altura (Figura 38B). No final das avaliações, obteve-se médias de 38,04 cm e 26,19 cm para as mudas sob o ambiente estufa agrícola e sob sol pleno, respectivamente. As interações ajustaram-se ao modelo quadrático, com R² de 92,81% em estufa agrícola e 80,29% em sol pleno.

Na variável diâmetro do coleto, observou-se comportamento semelhante em ambos os ambientes, durante quase todas as épocas de avaliação. Entretanto, o ambiente estufa agrícola proporcionou maior média, na última análise, onde obteve-se 11,65 mm de diâmetro (Figura 38C). As interações apresentaram ajustes quadráticos com R^2 de 85,93% em ambiente estufa agrícola e 91,42% em sol pleno.

Obteve-se maiores médias para a variável comprimento da raiz até aos 70 DAS, em mudas mantidas sob sol pleno. A partir de então, observou-se desempenho semelhante das mudas, sem aumento significativo para este parâmetro, nos dois ambientes estudados (Figura 38D). Aos 145 dias, a média em estufa agrícola foi de 26,93 cm e em sol pleno, 25,22 cm. Constatou-se ajuste quadrático, com R^2 de 80%.

Figura 38 - Número de folhas (A), altura (B), diâmetro do coleto (C) e comprimento da raiz (D) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

Na Tabela 13 está descrita a análise de variância da massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz e índice de qualidade de Dickson. Verificou-se significância a 1% de probabilidade, nos fatores isolados e em suas interações, excetuando-se o fator ambiente, na variável massa seca da parte aérea, o qual foi não significativo. Os coeficientes

de variação, apresentaram-se relativamente baixos, exceto o $CV_{(A)}$ e o $CV_{(B)}$ do índice de qualidade de Dickson.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove épocas de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.

Fonte de variação	GL	QM				
		MFPA	MFR	MSPA	MSR	IQD
Ambiente (A)	1	105,939919**	335,562379**	0,000059 ^{ns}	7,197170**	2,511074**
Erro (a)	10	0,840233	2,145369	0,032298	0,218273	0,068214
Época (B)	8	305,372257**	2.349,165108**	26,572833**	93,206164**	18,950752**
Interação A x B	8	14,466044**	91,112122**	0,389058**	1,202238**	0,418873**
Erro (b)	80	0,999305	1,993936	0,059920	0,209453	0,049569
$CV_{(A)}$ (%)	-	11,54	10,07	9,86	18,79	29,18
$CV_{(B)}$ (%)	-	12,59	9,71	13,43	18,40	24,87

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ^{ns}Não significativo, pelo teste F. Fonte: autora (2020).

Na massa fresca da parte aérea, as médias obtidas das mudas sob ambiente sol pleno foram maiores, até aos 55 DAS. Após esse período, as mudas mantidas em estufa agrícola se sobressaíram (Figura 39A). Aos 145 dias, as mudas sob este ambiente apresentaram médias de 19,85 g.planta⁻¹ e 13,74 g.planta⁻¹ sob sol pleno. As interações ajustaram-se ao modelo quadrático, com R² de 96,64% para o ambiente estufa agrícola e ao modelo linear, com R² de 96,52% para o ambiente sol pleno.

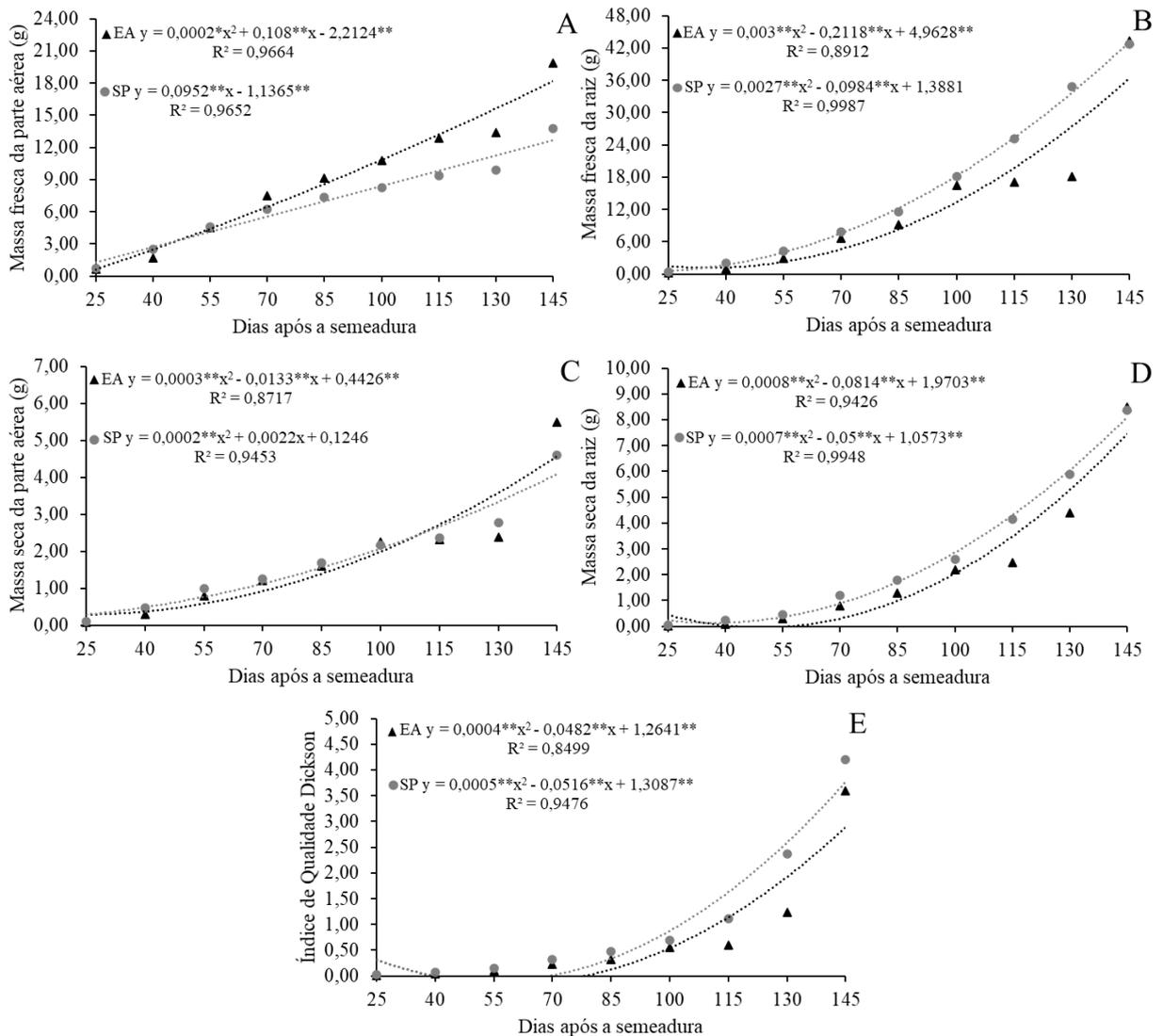
Na variável massa fresca da raiz, obteve-se maiores médias para as mudas mantidas em sol pleno (Figura 39B). Entretanto, aos 145 DAS, ocorreu desempenho semelhante entre as mudas sob os dois ambientes estudados. Observou-se ajuste quadrático nas interações, com R² igual a 89,12% no ambiente estufa agrícola e 99,87% no ambiente sol pleno.

A produção de massa seca da parte aérea foi ligeiramente superior nas plantas cultivadas em sol pleno (Figura 39C). Contudo, no final do experimento, obteve-se maior média, nas mudas em estufa agrícola, com 5,50 g.planta⁻¹, enquanto em sol pleno, obteve-se média de 4,60 g.planta⁻¹. Os valores ajustaram-se ao modelo quadrático com R² de 87,17% em estufa agrícola e 94,53% em sol pleno.

O ambiente sol pleno proporcionou maiores médias de massa seca da raiz (Figura 39D). Na última avaliação, observou-se comportamento similar entre as mudas sob estufa agrícola e sob sol pleno, com médias de 8,48 g.planta⁻¹ e 8,37 g.planta⁻¹, respectivamente. As interações apresentaram ajuste quadrático, com R² superiores a 94%.

No índice de qualidade de Dickson, foram obtidas maiores médias nas mudas mantidas sob sol pleno, em todas as épocas de avaliação (Figura 39E). Aos 145 dias observou-se médias iguais a 3,60 e 4,20 para o ambiente estufa agrícola e o ambiente sol pleno, respectivamente. Verificou-se ajuste quadrático nas interações, com R² de 84,99% em estufa agrícola e 94,76% em sol pleno.

Figura 39 - Massa fresca da parte aérea (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da parte aérea (C), massa seca da raiz (D) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (E) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, sob condições de estufa agrícola (EA) e sol pleno (SP), durante nove períodos de avaliação após a semeadura. UFC, Fortaleza, CE.



Fonte: autora (2020).

4.4 Discussão

Observou-se uma relação inversa entre a temperatura e a umidade relativa, em dias nublados e ensolarados, em ambos os ambientes. Ou seja, quanto menor a temperatura nos ambientes estudados, maior a umidade relativa e vice-versa. Conforme Brancalion, Novembre e Rodrigues (2010), as temperaturas de 25 a 30°C são as mais favoráveis para a produção de mudas de várias espécies arbóreas tropicais, havendo relação entre a temperatura ótima e o bioma de ocorrência da espécie.

Quanto a intensidade luminosa, verificou-se que nos dias ensolarados, houve alta radiação nos horários compreendidos entre 8 e 16h, afetando principalmente as mudas mantidas sob sol pleno. Albuquerque, Evangelista e Albuquerque Neto (2015), afirmam que durante a fase de produção de mudas deve-se considerar o nível de irradiância ao qual as mudas estão expostas.

Eles destacam que sob alta luminosidade, as plantas estão sujeitas a alterações na pigmentação cloroplastídica, a redução na atividade enzimática antioxidante e a fotoinibição dos centros de reação fotossintética. Diante disso, a eficiência do desenvolvimento da muda submetida a alta irradiância está condicionada a capacidade de adaptação da espécie.

Todas as plantas têm habilidade para modificar o seu modelo de desenvolvimento em resposta ao ambiente luminoso. Todavia, a natureza da resposta morfogênica pode variar consideravelmente entre espécies de acordo com a capacidade de aclimação e a dependência da quantidade ou qualidade da luz (LIMA et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nas espécies *A. digitata* L. e *C. odorata* L., observou-se maior número de folhas nas mudas em ambiente estufa agrícola. Verificou-se incremento nessa variável, a cada avaliação realizada. Sanchez et al. (2011) ao realizarem estudos com mudas de baobá de dois países, constataram que no crescimento inicial, as mudas investem mais no número de folhas.

Estes autores afirmam ainda que em ambientes mais secos, há menos produção foliar. Conforme Gonçalves et al. (2012), sob condição de baixa irradiância algumas espécies arbóreas apresentam relação positiva quanto a área foliar e o número de folhas, a fim de compensar as baixas taxas fotossintéticas.

Em *C. grandis* L.f. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, a interação entre os fatores avaliados, para a variável número de folhas, não foi significativo, ou seja, não houve diferença entre a quantidade de folhas produzidas nos dois ambientes, ao longo das avaliações.

Este resultado deve-se provavelmente ao fato de estas espécies apresentarem crescimento de lento a moderado (CARVALHO, 2008; CARVALHO, 2003). Assim, o período de avaliação destas espécies, não foi suficiente para detectar a influência dos ambientes na emissão de folhas.

A espécie *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose apresentou maior número de folhas nas mudas desenvolvidas sob sol pleno. Esse resultado está relacionado ao fato de que esta espécie se caracteriza por necessitar de total exposição solar. Para Dousseau et al. (2007) plantas mantidas sob maior incidência luminosa tendem a apresentar maior número de folhas.

O ambiente estufa agrícola proporcionou maior crescimento em altura para quase todas as espécies estudadas. Em plantas de sol, o sombreamento induz uma maior alocação dos fotoassimilados, resultando no alongamento do caule. Esse efeito é causado pelo envolvimento do fitocromo na percepção da sombra, o qual estimula a planta a um crescimento mais rápido, em busca de radiação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dentre as espécies avaliadas, apenas em *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, constatou-se maior altura das mudas sob sol pleno. Sabino et al. (2016) afirmam que esta espécie apresenta bom crescimento em ambientes com alta intensidade luminosa. Entretanto, eles ressaltam que em viveiro, a produção de mudas desta espécie é favorecida pelo uso de tela na cor vermelha.

Isso ocorre devido a transferência de luz do espectro nas ondas vermelho e vermelho distante, as quais são absorvidas pelas folhas verdes, resultando em um crescimento eficiente das plantas, nestas condições (LI, 2006).

Com relação ao diâmetro do coleto, as mudas de *A. digitata* L., *C. odorata* L. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, mantidas em estufa agrícola, apresentaram melhor desempenho. Vale destacar que durante o crescimento inicial, estas espécies apresentam estruturas, como raiz e caule, ricos em água. Essas características podem ter contribuído para uma maior espessura do coleto.

Comparado ao microclima proporcionado pela estufa agrícola, o ambiente sol pleno, induz a uma maior taxa de transpiração, refletindo na redução dos tecidos. Roweder, Nascimento e Silva (2012), analisando o desenvolvimento inicial de *C. odorata* L. sob diferentes condições ambientais, observaram que este fator não influenciou o diâmetro do coleto, ao contrário do que foi observado nesse estudo.

Em *C. grandis* L.f. não houve diferença entre o diâmetro do coleto das mudas produzidas nos dois ambientes, ou seja, esta variável não foi influenciada por este fator. A espécie *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, por sua vez, apresentou maior diâmetro do coleto, em

mudas sob sol pleno. Resultados semelhantes foram encontrados por Schock et al. (2014), ao estudarem o efeito da luminosidade no crescimento de *Jatropha curcas* L.

Para Gonçalves et al. (2012) plantas expostas ao sol, geralmente exibem maiores fluxos transpiratórios, necessitando, portanto, de sistemas vasculares robustos, podendo consequentemente favorecer o crescimento em diâmetro.

No tocante ao comprimento da raiz principal de *A. digitata* L. e *C. grandis* L.f., não houve diferença significativa entre as mudas produzidas nos ambientes estudados. Conforme Sanchez et al. (2011), na fase inicial do crescimento a alocação de biomassa em mudas de *A. digitata* L., é direcionada para a produção de raízes secundárias e folhas, sendo logo depois investida no desenvolvimento da raiz principal.

Em *C. odorata* L., *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose o ambiente sol pleno proporcionou maior comprimento da raiz principal. Conforme Freitas et al. (2012), as plântulas com sistema radicular bem desenvolvido possuem mais chances de sobrevivência em campo. A energia solar é o fator responsável por desencadear o processo de fotossíntese, assim, está diretamente envolvida no crescimento e desenvolvimento dos órgãos vegetativos (LIMA et al., 2008).

Diante disso, uma maior taxa fotossintética em condições de sol pleno, pode proporcionar maior incremento no desenvolvimento das raízes (COSTA, 2018). Nessas condições, ocorre ainda maiores índices de evapotranspiração, fazendo com que as raízes das espécies adaptadas, cresçam em comprimento a fim de atingirem as camadas mais úmidas do solo e dela extraírem água (OLIVEIRA et al., 2005).

Em *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, o ambiente sol pleno favoreceu o comprimento da raiz até aos 70 dias após a sementeira. A partir de então, essa variável apresentou-se similar nos dois ambientes de estudo, sem aumento significativo no crescimento.

É provável que o recipiente tenha limitado o desenvolvimento da raiz principal, pois os sacos utilizados possuíam apenas 26 cm de comprimento, além disso, as mudas dessa espécie formam raízes bastante espessas. Carvalho (2008) recomenda a sementeira de *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, em recipientes individuais e grandes o suficientes, evitando-se a necessidade de repicagem, a fim de não danificar os tubérculos que se formam.

A produção de massa fresca da parte aérea foi superior em estufa agrícola, para a maioria das espécies estudadas, exceto nas mudas de *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose. Já a massa seca da parte aérea, foi maior nesse ambiente para *A. digitata* L. e *C. odorata* L.

Almeida et al. (2004) e Lima Junior et al. (2005) estudando o crescimento inicial de *C. aschersoniana* e de *C. vernalis*, observaram maior acúmulo de matéria seca da parte aérea, nas plantas cultivadas em 30 e 50% de sombreamento, em comparação com as cultivadas em sol pleno.

Conforme Wang et al. (2008) algumas espécies arbóreas sob condição de pouca luminosidade, reduzem a taxa de respiração no escuro e alocam maiores quantidades de biomassa para a parte aérea, proporcionando aumento da área foliar. Silvestrini, Válio e Mattos (2007), afirmam que em sombreamento, as plantas podem manter o equilíbrio no ganho de carbono devido a alterações morfofisiológicas, que conferem eficiência no uso da luz.

A espécie *C. grandis* L.f. não apresentou diferença entre os ambientes, quanto a massa seca da parte aérea. Em *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, observou-se semelhança entre os dois ambientes, com valores ligeiramente superiores nas plantas cultivadas em sol pleno. Isso demonstra que a obtenção de maior massa fresca da parte aérea, obtida em estufa agrícola, era constituída por altos níveis de água.

H. serratifolius (Vahl) S.Grose apresentou maior produção de massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, em mudas sob sol pleno. Resultados semelhantes foram encontrados por Sabino et al. (2020), para esta espécie. Sob maior intensidade luminosa, há incremento no teor de carboidratos, na parte aérea e raiz, uma vez que as plantas intensificam a fotossíntese (LARCHER, 2006). O acúmulo de biomassa nos diferentes órgãos da planta varia em função da espécie e está diretamente relacionado à adaptação ao ambiente de origem (DOUSSEAU et al., 2007).

Em estufa agrícola, verificou-se alta taxa de mortalidade das mudas de *H. serratifolius* (Vahl) S.Grose, ocorrendo necrose e ressecamento das folhas. É provável que as condições desse ambiente não tenham sido favoráveis ao desenvolvimento das plantas, uma vez que a espécie é heliófita. Entretanto, há também a possibilidade de ter ocorrido algum tipo de ataque microbológico.

A espécie *A. digitata* L. apresentou maiores valores para a variável massa fresca da raiz, em ambiente sol pleno, até os 90 dias após a semeadura, sendo superado pelo ambiente estufa agrícola, a partir de então. O mesmo foi observado com relação a massa seca da raiz. Almeida et al. (2004) observaram maior acúmulo de matéria seca total e de raízes, em *C. aschersoniana* cultivada a 30% de sombreamento.

Em *C. odorata* L., o ambiente sol pleno favoreceu as variáveis massa fresca e seca da raiz, até aos 111 DAS. Nas avaliações subsequentes, observou-se ataque severo de pragas

(gafanhotos e moluscos) nas mudas dessa espécie, sob condições de sol pleno. Com a herbivoria, o processo fotossintético ficou comprometido, refletindo na redução das massas frescas e secas, tanto da raiz, quanto da parte aérea.

As espécies *C. grandis* L.f. e *T. aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, apresentaram melhor desempenho de massas fresca e seca da raiz, quando cultivadas sob sol pleno. Oliveira e Perez (2012), obtiveram respostas semelhantes, ao analisarem o crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob diferentes intensidades luminosas.

Almeida et al. (2005), constataram que plantas de *M. tinctoria* e *A. mangium* expostas ao sol pleno, produziram mais matéria seca total e de raízes, em comparação as mudas em ambientes sombreados. Conforme estes autores, espécies exigentes em luz, alocam a maior parte de sua biomassa produzida, para as raízes.

Na avaliação do índice de qualidade de mudas, observou-se que, com exceção da espécie *C. odorata* L., todas as demais espécies estudadas apresentaram maiores médias do IQD, em mudas cultivadas sob sol pleno. Gomes e Freire (2019), avaliando o crescimento inicial e a qualidade de mudas da espécie *C. fissilis* Vell., observaram melhor desempenho sob 50% de sombreamento.

O IQD tem sido empregado com êxito para avaliar o desempenho de mudas de várias espécies em campo (RUDEK; GARCIA; BANDEIRA, 2013). Conforme Freitas et al. (2012), a qualidade das mudas está relacionada aos caracteres que ela apresenta, os quais devem ser ideais para garantir sua sobrevivência e desenvolvimento em campo.

Destarte, o IQD considera a relação entre as massas secas, além da relação entre a altura e o diâmetro do coleto. Quanto maior o IQD, melhor o desempenho da muda. De forma geral, uma planta de qualidade deve ser baixa, com coleto espesso e apresentar menos folhas e mais raízes (FREITAS et al., 2012).

Na determinação do padrão de qualidade das mudas, em hipótese nenhuma, deve-se analisar os parâmetros morfológicos isoladamente, selecionando, por exemplo, mudas mais altas, porém fracas, em detrimento das menores, que podem ter mais vigor (FONSECA et al., 2002). Na fase inicial de crescimento, plântulas com altura excessiva, estão vulneráveis a tombamento, causando, portanto, alteração no padrão de qualidade da planta adulta (FREITAS et al., 2012).

4.5 Conclusão

As mudas de baobá, cássia-rósea, craibeira e ipê-amarelo, apresentaram maior qualidade no crescimento inicial, quando cultivadas sob sol pleno.

O ambiente estufa agrícola favoreceu o crescimento inicial das mudas de cedro.

Os sacos de polietileno utilizados limitaram o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de baobá e de cássia-rósea, a partir dos 100 dias após a semeadura e de craibeira a partir dos 70 dias.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 4, p. 440-445, out./dez. 2015.
- ALMEIDA, L. P. *et al.* Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, jan./fev. 2004.
- ALMEIDA, S. M. Z. *et al.* Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68, jan./fev. 2005.
- BATTILANI, J. L. *et al.* **Produção de sementes de espécies florestais nativas**. Campo Grande: UFMS, 2006. 43 p.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.
- CÂMARA, C. A.; ENDRES, L. Desenvolvimento de mudas de duas espécies arbóreas: *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Sterculia foetida* L. sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, p. 43-51, jan./mar. 2008.
- CARVALHO, P. E. R. Cássia-Rósea (*Cassia grandis* L.f.). In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2003. v. 1, p. 368-373.
- CARVALHO, P. E. R. Caraúba: *Tabebuia aurea*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa, 2008. v. 3, p. 130-138.
- COSTA, C. A. S. **Biometria de sementes, morfologia da germinação e crescimento inicial de cinco Arecaceae**. 2018. 113 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, [s.l.], v. 36, p. 10-13, 1960.
- DOUSSEAU, S. *et al.* Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensi* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 477-479, jul. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 10 set. 2020.
- FONSECA, E. P. *et al.* Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.
- FREITAS, G. A. *et al.* Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and**

Biodiversity, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 5-12, ago. 2012.

GOMES, A. D. V.; FREIRE, A. L. O. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* L.) em função do substrato e sombreamento. **Scientia Plena**, São Paulo, v. 15, n. 11, p. 1-9, 2019.

GONÇALVES, J. F. C. *et al.* Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, p. 337-344, 2012.

HOPPE, J. M. **Produção de sementes e mudas florestais**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2004. 388 p. Disponível em: http://www.faesb.edu.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/09/livro_producao_de_sementes_e_mudas_florestais1.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

LARCHER, W. As influências do ambiente sobre o crescimento e sobre o desenvolvimento. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3. ed. São Carlos: Editora RiMa, 2006. p. 295-340.

LI, J. C. Uso de mallas em invernaderos. **Horticultura Internacional**, [s.l.], n. 1, p. 86-91, 2006.

LIMA, J. D. *et al.* Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

LIMA JUNIOR, E. C. *et al.* Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1092-1097, set./out. 2005.

LONGHI, S. J. *et al.* Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de floresta ombrófila mista na Flona de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

MELO, R. R.; CUNHA, M. C. L. Crescimento inicial de mudas de mulungu (*Erythrina velutina* wild.) sob diferentes níveis de luminosidade. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 67-77, jan./abr. 2008.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* Hydraulic redistribution in three Amazonian trees. **Oecologia**, [s.l.], v. 145, n. 3, p. 354-363, 2005.

OLIVEIRA, A. K. M.; PEREZ, S. C. J. G. A. Crescimento inicial de *Tabebuia aurea* sob três intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 263-273, abr./jun. 2012.

PEIXOTO, P. H. P. **Propagação das plantas: princípios e práticas**. 1. ed. Juiz de Fora: UFJF, 2017. 107 p.

ROWEDER, C.; NASCIMENTO, M. S.; SILVA, J. B. Uso de diferentes substratos e ambiência na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de cedro. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 27-46, jan./abr.

2012.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. O.; BANDEIRA, F. S. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 3775-3787, 2013.

SABINO, M. *et al.* Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 2, p. 61-65, 2016.

SABINO, M. *et al.* Crescimento inicial de ipê-amarelo amazônico e de cerrado cultivados sob diferentes intensidades de sombreamento e comprimento espectral de onda. **Interciencia**, Caracas, v. 45, n. 4, 2020.

SANCHEZ, A. C. *et al.* Variation in baobab seedling morphology and its implications for selecting superior planting material. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 130, n. 1, p. 109-117, 2011.

SCHOCK, A. A. *et al.* Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-mansó cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 3-9, 2014.

SILVESTRINI, M.; VÁLIO, I. F. M.; MATTOS, E. A. Photosynthesis and carbon gain under contrasting light levels in seedlings of a pioneer and a climax tree from a Brazilian Semideciduous Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 463-474, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

WANG, M.L. *et al.* Effects of irradiance on growth, photosynthetic characteristics and artemisinin content of *Artemisia annua* L. **Photosynthetica**, Praga, v. 46, n. 1, p. 17-20, 2008.