

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL**

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS  
DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS DA AMAZÔNIA  
CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E NÍVEIS DE  
SOMBREAMENTO**

**ISABEL MARIA GONÇALVES DE AZEVEDO**

**MANAUS  
2016**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL**

**ISABEL MARIA GONÇALVES DE AZEVEDO**

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS  
DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS DA AMAZÔNIA  
CULTIVADAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E NÍVEIS DE  
SOMBREAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Fitotecnia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Sílvia de Mendonça  
Coorientador: Prof. Dr. Antenor Pereira Barbosa

**MANAUS  
2016**

## Ficha Catalográfica

(Catalogação na fonte pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal do Amazonas

A994c Azevedo, Isabel Maria Gonçalves de  
Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de espécies florestais nativas da amazônia cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento / Isabel Maria Gonçalves de Azevedo. 2016  
133 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Maria Sílvia de Mendonça  
Coorientador: Antenor Pereira Barbosa  
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Viveiro. 2. Crescimento de plantas. 3. Anatomia vegetal . 4. Tecnologia alternativa. I. Mendonça, Maria Sílvia de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ISABEL MARIA GONÇALVES DE AZEVEDO

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS DE ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS DA AMAZÔNIA CULTIVADAS EM DIFERENTES  
SUBSTRATOS E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração Fitotecnia.

Aprovado em 30 de maio de 2016

BANCA EXAMINADORA



Dra. Maria Sílvia de Mendonça

Professora do Departamento de Ciências Fundamentais e Desenvolvimento Agrícola/UFAM  
Orientadora e Presidente da banca examinadora



Dra. Maria Gracimar Pacheco de Araújo

Professora do Instituto de Ciências Biológicas/UFAM



Dra. Narrúbia Oliveira de Almeida

Professora do Departamento de Ciências Florestais/UFAM



Maria da Glória Gonçalves de Melo

Professora Adjunto da Escola Superior de Tecnologia/UEA



Angela Maria da Silva Mendes

Professora do Departamento de Produção Animal e Vegetal/UFAM

Em memória da minha amada mãe Isabel de Azevedo e

Ao meu amado pai Raimundo Nicanor de Azevedo

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Senhor Deus, pela vida, força, humildade, fé e esperança.

Às sobrinhas, Adriane, Jucilene e Thiere e ao primo Isaías que sempre estavam ao meu lado.

Aos meus orientadores: Profa. Dra. Maria Sílvia de Mendonça e Dr. Antenor Pereira Barbosa, pela orientação e ensinamentos adquiridos no desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM, e a todos os professores do Curso de pós-graduação em Agronomia Tropical, em especial a Profa. Dra. Lilian Bentes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por conceder a bolsa de estudos.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia pelo apoio através “Projeto Silvicultura de Espécies Florestais Amazônicas”.

À Secretaria Municipal do Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMMAS pela concessão de horário especial de trabalho para cursar doutorado em Agronomia Tropical.

Às amigas Deolinda, Francly e Marcely pela cooperação, acompanhamento e esforços dispensados.

Ao técnico do Laboratório Agroflorestral Manoel pelo auxílio na realização dos cortes foliares.

À banca examinadora pela avaliação da Tese, pelas contribuições e interesse em melhorar a apresentação dos resultados.

A todos que me ajudaram direta ou indiretamente, minha sincera gratidão.

O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará. ELE me faz repousar em pastos verdejantes. Leva-me para junto das águas de descanso; refrigera-me a alma. Guia-me pelas veredas da justiça por amor do seu nome. Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal nenhum, porque tu estais comigo; o teu bordão e o teu cajado me consolam. Preparas-me uma mesa na presença dos meus adversários, unges-me a cabeça com óleo; o meu cálice transborda. Bondade e misericórdia certamente me seguirão todos os dias da minha vida; e habitarei na casa do SENHOR para todo o sempre.

Salmo 23 - O bom pastor

## RESUMO

*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Carapa procera* Candolle e *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, são espécies nativas da Amazônia, que além da madeira possuem propriedades medicinais utilizadas pelos povos da região. A luminosidade e substrato estão entre os componentes que afetam o crescimento e qualidade de mudas em viveiro, enquanto que a anatomia foliar constitui ferramenta para melhor entendimento das adaptações das plantas às condições ambientais. As partículas da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban, enriquecidas com macro e micronutrientes, foram usadas para desenvolver tecnologia na produção de mudas com qualidade e proporcionar maior sustentabilidade da silvicultura. O experimento foi instalado no viveiro florestal da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA em Manaus, AM, com os substratos compostos com terra argilosa, areia e esterco de galinha na proporção 3:1:½ e com partículas de pau de balsa substituindo o esterco nas proporções 3:1:½; 3:1:1 e 3:1:2 e sombreamentos em 0%, 30%, 50% e 70%. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com avaliações em *D. odorata*, aos 81, 201 e 306 dias, em *C. procera* aos 143 dias e em *J. copaia* aos 115, 220 e 311 dias, os dados analisados em fatorial (4 x 4) pela ANOVA e, as médias, comparadas pelo teste Tukey em 5%. Foram medidas as características morfológicas das mudas, sobrevivência e a qualidade, calculada através do Índice de Dickson e da relação altura/diâmetro. A caracterização anatômica foi feita no final, com 5 folhas maduras/tratamento, seguindo os protocolos de Anatomia Vegetal adotados no LABAF/UFAM. Os substratos com meia ou uma parte de partículas de pau de balsa substituiu o esterco de galinha na produção de mudas de cumaru, com maiores valores no IQD e nas principais variáveis de crescimento e menores na relação H/D, sob 70% de sombreamento. Em *C. procera* o substrato com meia parte de partículas de pau de balsa substituiu o esterco de galinha na produção de mudas, com IQD maiores do que o mínimo indicado para espécies florestais, sob 30% de sombreamento, com 100% de

sobrevivência e menor relação H/D. As mudas de *J. copaia* devem ser produzidas com qualidade, sob 0% de sombra em substratos com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e duas partes de partículas de pau de balsa enriquecidas com macro e micronutrientes ou sob 30% de sombra com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e meia parte de partículas de esterco de galinha curtido e com sobrevivência de 82% a 96% aos 220 dias. As folhas ficaram mais finas, por terem menores espessuras do limbo, parênquimas paliádico e lacunoso e mesofilo, expressando plasticidade na anatomia. As espécies, confirmaram as exigências de luz para o crescimento, de acordo com sua classificação na sucessão ecológica, sendo os maiores valores no cumaru (clímax) sob 70%; na andiroba (intermediária) sob 30% e na caroba (pioneira) sob 0% ou 30% de sombreamento. As espécies *D. odorata*, *Carapa procera* e *J. copaia* apresentaram plasticidade anatômica foliar nos diferentes tratamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viveiro, Crescimento de plantas, Anatomia vegetal e Tecnologia alternativa.

## ABSTRACT

*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Carapa procera* Candolle e *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don are native species of Amazon region, and the use of wood have medicinal properties used traditionally. The brightness and substrate are among the components that affect the growth and quality of seedlings in the nursery, while the leaf anatomy is tool for better understanding of the adaptations of plants to environmental conditions. The use of particles of wood *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban, enriched with macro and micronutrients in the substrates, was to develop technology for the production of seedlings identified quality and sustainability of forestry in the Amazon, as well as evaluating the morphoanatomy leaf seedlings. The experiment was installed in the nursery of the Experimental Tropical INPA Forestry station in Manaus, Am with substrate compounds with loam, sand and chicken manure in the ratio 3: 1: ½ and balsa wood particles replacing the manure in the proportions 3: 1: ½; 3: 1: 1 and 3: 1: 2 and shading 0, 30, 50 and 70%. The design was randomized for 81, 201 and 306 days in the experiment *D. odorata*, 143 days with *C. procera* and 115, 220 and 311 days with *J. copaia* and analyzed in a factorial (4 x 4) by ANOVA and averages 5% by Tukey test. They were measured morphological characteristics of seedlings, survival and quality by Dickson Index and height / diameter. The anatomical characterization was made at the end, with 5 mature leaves / treatment following the Plant Anatomy protocols adopted in Labaf / UFAM. The substrate with half or a piece of balsa wood particles replaces the chicken manure in the production of seedlings tonka bean, with the highest values in Dickson Quality Index and major growth variables and lower in H/D ratio under 70% shading. *C. procera* substrate with half part of balsa wood particles replaces the chicken manure in the production of seedlings with Quality Index of Dickson and H / D ratio higher than the minimum indicated for forest species under 30% shading, reaching 100% survival. The *J. copaia* seedlings must be produced with quality, under 0% shade on substrates with three pieces of

clay land, a part of sand and two pieces of balsa stick particles enriched with macro and micronutrients or under 30% shade with three pieces of clay land, a part of sand and half of chicken manure and tanned, with 82% survival to 96% at 220 days. The leaves were thinner, for smaller thicknesses of the palisade and spongy parenchyma, and mesophyll, expressing plasticity in anatomy. The species confirmed the light requirements in accordance with the classification of ecological succession to which they belong, the highest value being evaluated in Cumaru (climax) under 70 % shade; andiroba (Intermediate) under 70 % shade and caroba (pioneer) under 0 % or 30 % shading. The species *D. odorata* , *C. procera* and *J. copaia* presented leaf anatomical plasticity with changes in the different treatments .

**KEYWORDS:** Nursery, Plant growth, Plant anatomy and Alternative technology.

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO I - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (aubl.) Willd. (cumaru) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento.**

Figura 1 - Anatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. A) Faces adaxial e abaxial com complexo estomático somente na abaxial; B) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; C) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; D) Detalhe do limbo com tricoma tector e cristais prismáticos nos parênquimas paliçádico e lacunoso; E) Parênquima paliçádico com monocristais prismáticos e F) Nervura central. FAD - Face adaxial, FAB - Face abaxial, CE - Célula epidérmica, Setas - estômatos, CT - Cutícula, EAD - epiderme adaxial, EAB - Epiderme abaxial, PP - Parênquima paliçádico, PL - Parênquima lacunoso, ES - Estrutura secretora, TT - Tricoma tector, CR - Cristais prismáticos, MP - Monocristais prismáticos, FI - Fibras, XI - Xilema, FL - Floema e CL – Colênquima .....51

### **CAPÍTULO II - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Carapa procera* candolle (andiroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento**

Figura 2 - Anatomia foliar de mudas de *Carapa procera* Candolle. A) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; B) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; C e D) Detalhe do mesofilo apontando drusas e grãos de amido, respectivamente; E) Nervura central e F) Detalhe do feixe vascular apontando monocristais prismáticos e grãos de amido. CE - Célula epidérmica, Seta - complexo estomático, EAD - epiderme adaxial, EAB - Epiderme abaxial, PP - Parênquima paliçádico, PL - Parênquima lacunoso, EC e EP - Esclereídes, DR - Drusas, GA - Grãos de amido, CL - Colênquima, BE - Bainha esclerenquimática, FL - Floema, FI - Fibras, XI - Xilema, MC - Monocristais prismáticos e Asterisco - Grãos de amido.....86

**CAPÍTULO III - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Carapa procera* candolle (andiroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento**

Figura 3 - Anatomia foliar de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. A) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; B) Faces adaxial e abaxial com tricomas tector e glandular; C) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; D) Detalhe do mesofilo com grãos de amido; E) Nervura central e F) Detalhe do feixe vascular apontando esclareídes e cristais prismáticos. CE - Célula epidérmica, Seta - complexo estomático, FAD - Face adaxial, FAB - Face abaxial, TT - Tricoma tector, TG - Tricoma glandular, PP - Parênquima paliçádico, PL - Parênquima lacunoso, GA - Grãos de amido, COL - Colênquima, XI - Xilema, FL - Floema, EP - Esclareídes e CR - Cristais prismáticos .....122

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (aubl.) Willd. (cumarú) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento

Tabela 1 - Análise física dos substratos – Laboratório de análises de solos e plantas/Embrapa Amazônia Ocidental .....	34
Tabela 2 - Análise química dos substratos – Laboratório de análises de solos e plantas/Embrapa Amazônia Ocidental .....	35
Tabela 3 – Altura (H), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. sob diferentes sombreamentos em viveiro .....	37
Tabela 4 – Interação entre os sombreamentos e substratos no número de folhas das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd., aos 306 dias em viveiro .....	39
Tabela 5 – Altura/diâmetro do colo (H/DC), pesos das matérias secas das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. sob diferentes sombreamentos em viveiro .....	39
Tabela 6 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. em diferentes substratos em viveiro.....	41
Tabela 7 - Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), pesos das matérias secas das raízes, caule, folhas e total (g) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. em diferentes substratos em viveiro .....	42
Tabela 8 - Densidade estomática (estômatos/mm <sup>2</sup> ) nas folhas das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....	44
Tabela 9 - Índice estomático (%) nas folhas das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.....	45
Tabela 10 - Diâmetro equatorial dos estômatos ( $\mu$ ) nas folhas das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....	45
Tabela 11 - Diâmetro polar dos estômatos ( $\mu$ ) nas folhas das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd., cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....	46
Tabela 12 - Espessura do parênquima paliçádico ( $\mu$ ) das folhas de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....	47
Tabela 13 - Espessura do parênquima lacunoso ( $\mu$ ) das folhas de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....	48
Tabela 14 - Espessura do mesofilo ( $\mu$ ) das folhas de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.....	48

Tabela 15 - Espessura do limbo foliar ( $\mu$ ) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro .....49

## **CAPÍTULO II - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Carapa procera* candolle (andiroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento**

Tabela 16 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamentos aos 143 dias em viveiro .....73

Tabela 17 – Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), peso da matéria seca das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamentos aos 143 dias em viveiro.....74

Tabela 18 - Interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos no peso da matéria seca das folhas (g) de mudas de *Carapa procera* Candolle aos 143 dias em viveiro .....75

Tabela 19 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes substratos aos 143 dias em viveiro .....76

Tabela 20 - Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), peso da matéria seca das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes substratos aos 143 dias em viveiro .....77

Tabela 21 - Densidade estomática (estômatos/mm<sup>2</sup>) em mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamento e substratos, aos 143 dias em viveiro.....79

Tabela 22 – Índice estomático em folhas de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamento e substratos, aos 143 dias em viveiro.....80

Tabela 23 - Diâmetro equatorial ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes sombreamentos e substrato, aos 143 dias em viveiro .....80

Tabela 24 - Diâmetro polar ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro .....81

Tabela 25 - Espessura do parênquima paliçádico ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro .....81

Tabela 26 - Espessura do parênquima lacunoso ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro .....82

Tabela 27 - Espessura do mesofilo ( $\mu$ ) de folhas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.....83

Tabela 28 - Espessura do limbo foliar ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.....84

## **CAPÍTULO III - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de *Carapa procera* candolle (andiroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento**

Tabela 29 – Altura (cm) das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação

dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro.....	109
Tabela 30 – Diâmetro do colo (mm) das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 311 dias em viveiro.....	110
Tabela 31 – Área foliar (dm <sup>2</sup> ) das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro.....	111
Tabela 32 – Número de folhas das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro .....	113
Tabela 33 – Relação altura/diâmetro do colo (H/DC) das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos em viveiro.....	113
Tabela 34 – Matéria seca das raízes de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 220 e 311 dias em viveiro..	114
Tabela 35 – Matéria seca do caule de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro.....	115
Tabela 36 – Valores da matéria seca das folhas de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro .....	116
Tabela 37 – Valores da matéria seca total de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro.....	117
Tabela 38 - Índice de Qualidade de Dickson de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don cultivadas, em diferentes sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro..	118
Tabela 39 - Sobrevivência das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (caroba) cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa .....	118
Tabela 40 - Densidade estomática (D), Índice estomático (IE), diâmetro equatorial (DE) e diâmetro polar (DP) de estômatos das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don, cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos aos 311 dias em viveiro.....	119
Tabela 41 - Espessuras dos parênquimas paliçádico (EPP) e lacunoso (EPL), mesofilo (EM) e limbo (EL) das folhas de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro .....	120

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>20</b>
<b>HIPÓTESES</b> .....	<b>24</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>25</b>
Objetivo geral .....	25
Objetivos específicos .....	25
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO I - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. (cumarú) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento</b> .....	<b>28</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>29</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>30</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>1 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
1.1 Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	33
1.2 Análises física e química dos substratos .....	34
1.3 Caracterização anatômica foliar das mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.....	36
<b>2 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
2.1. Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	37
2.2 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.. .....	40
2.3 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	43
<b>3 DISCUSSÃO</b> .....	<b>52</b>
3.1 Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	52
3.2 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. ....	54
3.3 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.....	56

<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO II - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle (andiroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento</b> .....	<b>64</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>65</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>66</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>67</b>
<b>1 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>70</b>
1.1 Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle...	70
1.2 Análises física e química dos substratos .....	71
1.3 Caracterização anatômica foliar das mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle .....	71
<b>2 RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
2.1 Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle.....	73
2.2 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle.....	75
2.3 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de <i>Carapa procera</i> Candolle .....	78
<b>3 DISCUSSÃO</b> .....	<b>87</b>
3.1. Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle.....	87
3.2 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de <i>Carapa procera</i> Candolle.....	90
3.3 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de <i>Carapa procera</i> Candolle .....	92
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>95</b>
<b>CAPÍTULO III - Crescimento e morfoanatomia foliar de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don (caroba) cultivadas em diferentes substratos e níveis de sombreamento</b> .....	<b>99</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>100</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>102</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>103</b>
<b>1 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>106</b>

1.1 Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don .....	106
1.2 Análises física e química dos substratos .....	107
1.3 Caracterização anatômica foliar das mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.....	107
<b>2 RESULTADOS .....</b>	<b>108</b>
2.1. Efeitos dos sombreamentos e substratos no crescimento de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don .....	108
2.2 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don .....	119
<b>3 DISCUSSÃO .....</b>	<b>123</b>
3.1 Efeitos dos sombreamentos e substratos no crescimento de mudas de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don .....	123
3.2 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don .....	127
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>131</b>

## **INTRODUÇÃO GERAL**

A Silvicultura com espécies nativas da região Amazônica e que visa o desenvolvimento sustentável, vem buscando alternativas tecnológicas para aumentar a produção de mudas com maior qualidade e que possam garantir melhores condições no estabelecimento inicial e no crescimento de plantios para produção de madeira, produtos não madeireiros, recuperação de áreas degradadas ou conservação ambiental. O êxito de projetos de exploração ou de conservação de espécies florestais nativas depende, entre outros fatores, da escolha das espécies e quanto maior o conhecimento da autoecologia e das melhores alternativas silviculturais maior será a garantia de sucesso e desenvolvimento regional.

Uma das dificuldades dos silvicultores, com a produção de mudas de espécies florestais nativas, segundo Cunha et al. (2005), é o crescimento lento de algumas espécies, particularmente daquelas classificadas como tardias ou clímax. No entanto, deve-se considerar que a obtenção de mudas de qualidade, se inicia desde a escolha do material genético (árvore matriz e qualidade da semente) ao manejo de produção em viveiro (DELGADO et al., 2012).

A disponibilidade de luz e o tipo de substrato são uns dos principais fatores que influenciam no desenvolvimento de mudas em viveiro e que em geral, os diferentes graus de luminosidade, causam mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação depende das características de cada espécie em interação com o meio ambiente (DUTRA et al., 2012).

O substrato, nos viveiros florestais, é um dos insumos importantes no sistema produtivo de mudas e influencia diretamente no crescimento e desempenho das plantas no campo (STEFFEN, 2010) e vários são os materiais que podem ser utilizados na sua composição original ou combinados (DELARMINA et al., 2015).

Os componentes mais comuns nos substratos para cultivo de mudas de espécies florestais, no viveiro da Estação Experimental de Silvicultura Tropical, proporcionam boas características físicas, mantendo homogênea e uniforme a composição. No entanto, a parte química nutricional, pode ter variação em consequência da origem do material. O esterco de galinha, de origem variada, pode ter composição e estágio de cura diferentes, ocasionando heterogeneidade em lotes de produção de mudas em larga escala. Nesse sentido, o uso de partículas de madeira de pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban) enriquecidas com macro e micronutrientes pode uniformizar e homogeneizar o substrato, uma vez que podem ser controlados o tempo e a composição em todos os estágios de preparo, garantindo melhor qualidade. Por outro lado, a madeira do pau de balsa pode ser oriunda de desbastes de plantios adensados, para recuperação de áreas degradadas ou de plantios mistos com espécies não pioneiras.

No primeiro ano, em plantio para recuperação de área degradada, o pau de balsa alcançou 6 m de altura (BARBOSA et al., 2003) e as sementes, não apresentaram dormência tegumentar (BARBOSA et al., 2004). A madeira tem densidade de 0,20 a 0,35 g/cm<sup>3</sup> é porosa e macia (LOUREIRO et al., 1979), já foram obtidas nanofibras de celulose da espécie (LUCAS et al., 2014).

Segundo Vasquez-Yanes (1974), o pau de balsa tem característica das primeiras etapas de sucessão secundária em zonas tropicais úmidas. Ocorre na faixa de 19° N e 20° S em regiões tropicais das Américas do Sul e Central e em altitudes de 0 a 1000 m. Pode ser utilizada para fabricação de brinquedos, forros de teto, material isolante, para caixas de embalagem, construção aeronáutica e material flutuante (LOUREIRO et al., 1979), apresentando alto potencial de uso na fabricação de chapas de cimento-madeira para divisórias, móveis, pisos, etc. com madeira de plantas com um ano de idade (BARBOSA et al., 2003). Árvores com a idade de 03 a 04 anos, consideradas prontas para corte, representam

20% de toda produção no Mato Grosso, com área plantada de 3,7 mil hectares no Estado, e os outros 80%, estão com menos de 02 anos do plantio.

O conhecimento da morfoanatomia foliar também é importante, uma vez que constitui ferramenta importante para a compreensão do crescimento e desenvolvimento das mudas em condições de viveiro e de acordo com Esaú (1972) a radiação promove efeitos substanciais na anatomia foliar tanto na área, quanto na espessura das folhas. Em folhas sob sol ou sombra, constata-se mudanças morfoanatômicas e fisiológicas; folhas a pleno sol tem maiores espessura, densidade estomática, menor área foliar e menos complexos coletores de luz, que folhas sombreadas, mostrando que estas alterações na estrutura interna foliar, estão relacionadas com a capacidade de adaptação das plantas às diversidades ambientais (LARCHER, 2000).

Vários processos do desenvolvimento das plantas como taxa de fotossíntese, biossíntese de pigmentos, assimilação de nitrogênio, anatomia foliar, entre outros, são regulados pela luz (SCHLUTER et al., 2003). Corrêa (2003) afirma que as espécies pioneiras têm maior flexibilidade fisiológica e alto potencial de adaptação, em respostas à mudança ambiental momentânea específica.

As modificações na morfoanatomia foliar estão correlacionadas com processos de trocas gasosas, assimilação de CO<sub>2</sub> e outras características inerentes ao crescimento da planta (LIMA JUNIOR et al., 2006). A capacidade de adaptação das espécies às condições ambientais é chamada de plasticidade fenotípica, quando o indivíduo tem habilidade em alterar a morfoanatomia e/ou fisiologia relacionada com vantagens adaptativas (LAMBERTI-RAVEROT E PUIJALON, 2012).

Nesse contexto, pesquisas envolvendo análise de crescimento e caracterização morfoanatômica foliar de mudas de espécies florestais nativas da Amazônia de diferentes grupos ecológicos como *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. (cumaru) clímax, *Carapa procera*

Candolle (andiroba) intermediária e *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (caroba) pioneira, cultivadas em diferentes substratos e sombreamentos, podem contribuir na escolha da espécie e do método silvicultural para produção de mudas de qualidade a serem utilizadas em projetos de plantios de produção, recuperação de áreas degradadas, enriquecimento de capoeira ou na composição de sistemas agroflorestais.

A tese está composta por três capítulos, sendo um para cada espécie estudada. Em cada espécie, foi analisado o crescimento das mudas com avaliação das características biométricas e com determinação do padrão de qualidade de mudas e das características gerais da morfoanatomia foliar.

## **HIPÓTESES**

1. O crescimento de mudas de espécies florestais da Amazônia é influenciado pelos diferentes substratos e níveis de sombreamento.
2. Diferentes substratos e sombreamentos modificam o padrão de qualidade de mudas de espécies florestais de diferentes grupos ecológicos.
3. Partículas de pau de balsa enriquecidas com macro e micronutrientes, na composição de substrato de cultivo, podem substituir o esterco de galinha e manter o crescimento e o padrão de qualidade.
4. A morfoanatomia foliar de mudas de espécies florestais da Amazônia apresentam alterações, quando cultivadas em viveiro em diferentes substratos e sombreamento.

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Analisar os efeitos de diferentes substratos e níveis de sombreamento no crescimento, qualidade de mudas e na morfoanatomia dos tecidos foliares das espécies *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, *Carapa procera* Candolle e *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.

### Objetivos Específicos

1. Avaliar o crescimento de mudas de diferentes grupos ecológicos cultivadas em viveiro em diferentes substratos e níveis de sombreamento.
2. Determinar o padrão de qualidade de mudas das espécies de diferentes grupos ecológicos quando submetidas a diferentes substratos e níveis de sombreamento em viveiro.
3. Analisar os efeitos de diferentes substratos e sombreamentos nas características biométricas e no padrão de qualidade de mudas, para a substituição do esterco de galinha por partículas de pau de balsa, no cultivo de mudas de diferentes grupos ecológicos da região amazônica.
4. Caracterizar as mudanças na morfoanatomia foliar das espécies florestais de diferentes grupos ecológicos, cultivadas em viveiro em diferentes substratos sombreamentos.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A.P.; CAMPOS, M.A.A.; SAMPAIO, P.T.B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C.Q.B. O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, n. 33, v. 3, p. 477-482, 2003.
- BARBOSA, A.P.; SAMPAIO, P.T.B.; CAMPOS, M.A.A.; VARELA, V.P.; GONÇALVES, C.Q.B.; IIDA, S. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). **Acta Amazonica**, v. 34, n.1, p. 107 – 110, 2004.
- CORRÊA, I. J. **Plasticidade fenotípica em indivíduos jovens de *Aloysia virgata* (Ruiz et Pav.) A. L. Juss – Verbenaceae**. 2003. 56p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- CUNHA, A.O.; ANDRADE, L.A.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, J.A.L.; SOUZA, V.C. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.507-516, 2005.
- DELARMINA, W. M.; CALDEIRA, M. V. W.; FARIA, J. C. T.; LACERDA, L. C. Uso de resíduo orgânico em substrato para produção de *Chamaecrista desvauxii* (Collad.) Killip var. *latistipula* (Benth.). **Revista Cerne**, v. 21 n. 3, p. 429-437, 2015.
- DELGADO, L.G.M. **Produção de mudas nativas sob diferentes manejos hídricos**. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu 2012.
- DUTRA, T.R.; GRAZZIOTTI, P.H.; SANTANA, R.C.; MASSAD, M.D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.
- ESAÚ, K. **Anatomia Vegetal**. Omega, Barcelona, 778p. 1972.

LAMBERTI-RAVEROT e PUIJALON. Nutrient enrichment affects the mechanical resistance of aquatic plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 17, p. 6115–6123, 2012.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 531p. 2000.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. e ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA, Manaus, AM, Brasil. 187p, 1979.

LUCAS, A.A.; UIEDA, B.; MENEZES, A.J.; SIQUEIRA, G.; BARBOSA, A.P.; DUFRESNE, L.A.P. Obtenção de Nanofibrilas de Celulose a partir de árvores pioneiras da Floresta Amazônica: Balsa e Surucucumirá. Was presented as Oral form by Alessandra de Almeida Lucas at the **XIV Latin American Symposium on Polymers and XII Ibero American Congress on Polymers**, Porto de Galinhas – PE, from October 12th-16th, 2014.

SCHLUTER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an Arabidopsis mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.

STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, Número Especial 2, p. 345-357, 2010.

VAZQUEZ-YANE, C. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. Turrialba, p. 176-179, 1974.

CAPÍTULO I

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS DE *DIPTERYX*  
*ODORATA* (AUBL.) WILLD. (CUMARÚ) CULTIVADAS EM DIFERENTES  
SUBSTRATOS E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

## RESUMO

*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., Fabaceae espécie nativa da Amazônia importante pelo uso da madeira e sementes na medicina popular. O uso de partículas da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban), enriquecidas com macro e micronutrientes nos substratos e em diferentes sombreamentos, foi para gerar tecnologia, com qualidade identificada e sustentabilidade avaliadas pela biometria e anatomia foliar como ferramenta para melhor entendimento das adaptações às condições ambientais. O experimento foi instalado no viveiro da EEST/INPA em Manaus, Am, com substratos contendo terra argilosa, areia e esterco de galinha na proporção 3:1:½ e com partículas de pau de balsa substituindo o esterco, nas proporções 3:1:½; 3:1:1 e 3:1:2 e sombreamentos de 0, 30, 50 e 70%. O delineamento foi o DIC aos 81, 201 e 306 dias e as análises em fatorial (4 x 4), através da ANOVA e as médias, comparadas pelo teste Tukey a 5%. As medições foram feitas da altura, diâmetro do colo, número de folhas, área foliar, pesos das matérias secas da raiz, caule, folhas e total, calculadas a sobrevivência e a qualidade, através do IQD e da relação altura/diâmetro. A anatomia foliar feita aos 306 dias, com 5 folhas maduras/tratamento, seguiu as técnicas do LABAF/UFAM. A produção de mudas de *D. odorata* pode ser feita com 70% de sombreamento e com os substratos 3:1:½ PB ou 3:1:1 PB que substituem o esterco de galinha e com alto padrão de qualidade de mudas florestais. Os maiores sombreamentos tenderam a diminuir enquanto a adição de partículas de pau de balsa aumentou, a densidade e índice estomático, tamanho dos estômatos, espessuras do limbo, mesofilo, parênquima paliçádico e lacunoso, evidenciando plasticidade anatômica foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viveiro, Crescimento de plantas, Anatomia e Tecnologia alternativa.

## ABSTRACT

*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. Fabaceae, Amazon native species, important for the use of wood and the seeds in folk medicine. The use of particles of wood *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban), enriched with macro and micronutrients in the substrates and in different shadings, was to generate technology, identified quality and sustainability evaluated by biometrics and leaf anatomy as a tool for better understanding of adaptation to environmental conditions. The experiment was installed in the nursery of EEST / INPA in Manaus, AM, with substrates containing loam, sand and chicken manure in the ratio 3:1: ½ and balsa wood particles replacing the manure in the proportions 3:1: ½; 3:1: 1 and 3:1: 2 and shadings of 0, 30, 50 and 70%. The design was DIC at 81, 201 and 306 days and the analysis factorial (4 x 4) by ANOVA and means were compared by 5% Tukey test. It was evaluated the height, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry matter weight of root, stem, leaves and total, survival and quality through the IQD and height / diameter. The leaf anatomy was made at 306 days, with 5 mature/treatment leaves, followed the techniques LABAF / UFAM. The production of seedlings of *D. odorata* can be made with 70% shading and with the substrates 3:1:½ PB or 3:1:1 PB that replace the chicken manure with a high standard quality of forest seedlings. The largest shades tended to decrease while the addition of particles of pau balsa has increased, the density and stomatal index, size of the stomata, the limb thickness, mesophyll, palisade and spongy parenchyma, showing leaf anatomical plasticity.

**KEYWORDS:** Nursery, Plant Growth, Anatomy and Alternative technology.

## INTRODUÇÃO

A espécie *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. tem denominações vulgares de baru, cumaru-da-folha-grande, cumaru-ferro, cumaru, cumaru amarelo (CLAY et al., 2000). Ocorre em toda a Amazônia, habita as florestas pluvial de terra firme e de várzeas altas do baixo Amazonas. A madeira é usada na construção civil e naval, confecção de postes, móveis, laminados, dormentes (LOUREIRO et al., 1979).

Frutifica de março a agosto (BARBOSA et al., 2001) e, conforme Carvalho (2009), é espécie da fase final de sucessão considerada clímax ou clímax exigente em luz.

Na produção de mudas em viveiro, as condições de luminosidade e substrato, estão entre os componentes ambientais que afetam o crescimento e qualidade de mudas (DUARTE et al., 2010 e DUTRA et al., 2012). A luz exerce papel de destaque em todos os estágios do desenvolvimento vegetal e os diferentes graus de luminosidade causam, em geral, mudanças morfológicas e fisiológicas na planta, sendo que o grau de adaptação depende das características de cada espécie em interação com o meio ambiente (DUTRA et al., 2012).

Conforme Nery et al. (2007) as espécies arbóreas variam grandemente na capacidade de responder à alteração na luz, visto que influencia a anatomia foliar, tanto no estágio inicial de desenvolvimento quanto no adulto, uma vez que a folha é um órgão dotado de plasticidade e sua estrutura interna, permite adaptar-se a determinadas condições de luz no ambiente.

Para Ferreira et al. (2015), o conhecimento sobre a anatomia das plantas, além de subsidiar a taxonomia e de refletir aspectos filogenéticos, é essencial para o melhor entendimento das adaptações das plantas às condições ambientais.

O substrato em viveiros florestais é um dos insumos importantes pela ampla utilização no sistema produtivo de mudas e por influenciar diretamente no desempenho das plantas no campo (STEFFEN, 2010). Na escolha de um bom substrato na produção de mudas de

qualidade é um dos fatores a ser considerado, já que confere às mudas, principalmente na etapa inicial, capacidade de resistir às condições ambientais nos locais de plantio (DUARTE et al., 2010).

Os substratos, em diversas composições têm sido testados atualmente para propagação de espécies florestais via seminal ou vegetativa, e com ênfase às diferentes combinações que influenciam o desenvolvimento das mudas (DUTRA et al., 2012).

Neste trabalho, partículas de madeira de pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban – Malvaceae) foram usadas para substituir o esterco de galinha e proporcionar mais uniformidade e qualidade ao substrato e poder ser usada por pequenos agricultores e em produção de mudas em larga escala.

O uso de partículas da madeira de pau de balsa foi baseado nas características físico-mecânicas, diversidade de uso, ser nativa da Amazônia e de rápido crescimento. No primeiro ano alcançou 6 m de altura em plantio para recuperação de área degradada (BARBOSA et al., 2003) e as sementes, não apresentaram dormência tegumentar (BARBOSA et al., 2004). A madeira tem densidade de 0,20 a 0,35 g/cm<sup>3</sup> é porosa e macia (LOUREIRO et al., 1979), entre outros usos já foram obtidas nanofibras de celulose da espécie (LUCAS et al., 2014).

Considerando o grande potencial de uso de *D. odorata*, este estudo visou encontrar alternativa tecnológica na composição do substrato para a produção de mudas da espécie, com qualidade identificada e com uso de partículas de pau de balsa.

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

### 1.1. Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

O experimento foi instalado no viveiro florestal da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) do INPA, Manaus, Amazonas, situada na rodovia BR-174, km 43. Os frutos foram coletados de matrizes da EEST, beneficiados e semeado em areia lavada na profundidade de 1 cm. A repicagem foi feita em sacolas plásticas (28x16 cm) com a primeira folha desenvolvida e raízes sem defeito e podadas a 7 cm do coleto.

Foram testados 4 substratos. O primeiro composto por 3 partes de terra argilosa (horizonte B), 1 parte de areia e meia parte de esterco de galinha (EG) curtido, seco e pulverizado (3:1:½ EG). Nos outros substratos, o esterco de galinha foi substituído por partículas de pau de balsa (PB) nas proporções 3:1:½ PB; 3:1:1PB e 3:1:2PB. As partículas de pau de balsa foram obtidas pela trituração da madeira de troncos e galhos de árvores plantadas, em triturador com peneira de 15 mm. As partículas foram secas ao sol e imersas em solução nutritiva, revolvidas diariamente por 3 meses e novamente secas sob sombra, por 30 dias sob galpão. A solução nutritiva foi composta por macronutrientes (N<sub>2</sub>: 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 14% e K<sub>2</sub>O: 8%, Ca: 20,6%, S: 3,2%) e micronutrientes (B: 0,160%, Cu: 0,280%, Mn: 0,320% e Zn: 0,200%), na diluição de 3 kg do adubo mineral/1000 L de água.

Após a repicagem, as mudas ficaram sob galpão por 30 dias, irrigadas por aspersão duas vezes ao dia. No viveiro, foram colocadas em canteiros cobertos por cima e nas laterais com telas de poliolefina pretas (sombrite) graduadas em 30%, 50% e 70% de sombreamento. No tratamento 0% de sombreamento o canteiro não recebeu sombrite. Cada parcela do experimento foi composta por 35 mudas (5 filas de 7 mudas) e em cada avaliação foram retiradas 5 mudas (repetições) ao acaso e as restantes re-arrumadas. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso e os dados analisados em esquema fatorial (4 x

4), através da análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas foram avaliadas aos 81, 201 e 306 dias após repicagem, com as medições da altura (H), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), pesos das matérias secas de raiz (PSR), caule (PSC), folhas (PSF) e total (PST). A qualidade, através do Índice de Qualidade de Dickson ( $IQD = PMST / [(HT/DC) + (PMSPA/PMSR)]$ ), segundo Dickson et al. (1960) e da relação H/DC. A sobrevivência foi calculada em cada período de avaliação com base no número de mudas no início e no final do experimento.

## 1.2. Análises física e química dos substratos

Nas Tabelas 1 e 2 constam, respectivamente, as caracterizações física e química dos substratos no início do experimento, conforme Embrapa (1999).

Tabela 1 - Análise física dos substratos – Laboratório de análises de solos e plantas/Embrapa Amazônia Ocidental.

Substrato	Areia Grossa (2.00-0.20mm)	Areia Fina (0.20-0,05mm)	Areia Total (2.00-0.05mm)	Silte (0.05-0.002mm)	Argila (<0.002mm)
3:1:½ EG	577,54	132,88	710,41	38,09	251,50
3:1:½ PB	499,29	148,77	648,06	34,44	317,50
3:1:1 PB	606,79	136,61	743,39	14,61	242,00
3:1:2 PB	559,79	171,87	731,66	26,34	242,00
Classificação textural do solo - Franco Argiloso Arenoso.					

FONTE: Elaboração própria

Tabela 2 - Análise química dos substratos – Laboratório de análises de solos e plantas/Embrapa Amazônia Ocidental.

Substrato	pH	C	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	Fe	Zn	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	g/kg		mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						%		mg/dm <sup>3</sup>				
3:1:½ EG	7,67	9,14	15,72	1016	270	98	2,32	1,68	0,00	0,00	5,12	5,12	5,12	100,00	0,00	51	50,80	41,35	11,82
3:1:½ PB	7,15	4,71	8,10	205	60	15	1,73	0,38	0,00	0,00	2,33	2,33	2,33	100,00	0,00	107	7,38	6,73	3,47
3:1:1 PB	5,05	2,01	3,47	56	35	3	0,58	0,11	0,14	0,00	0,79	0,93	0,79	100,00	15,01	135	0,70	0,82	0,39
3:1:2 PB	4,83	4,45	7,65	34	40	4	0,56	0,13	0,22	0,31	0,81	1,03	1,12	72,09	21,37	170	0,79	0,62	0,28

pH em água – relação 1:2,5; P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu – Extrator Mehlich-1; Ca, Mg – Extrator KCl 1 mol/L; H+Al – Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; SB – Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) – Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC(T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V – Índice de Saturação por Bases; m – Índice de Saturação por Alumínio e Matéria Orgânica (M.O) = C (carbono orgânico) x 1,724 – Walkley-Black.

FONTE: Elaboração própria

### 1.3. Caracterização anatômica foliar das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

A caracterização da anatomia foliar foi feita no final do experimento de cinco folhas maduras por tratamento, a partir do quarto nó, conforme Moreira et al. (2012) e Armstrong et al. (2012).

As folhas foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados por tratamento, em seguida levados para o Laboratório de Botânica Agroflorestral da Universidade Federal do Amazonas– LABAF/UFAM e fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico 70%) e conservadas em álcool etílico 70%.

Os cortes foram feitos na região mediana do limbo, seccionados transversalmente em micrótomo de mesa equipado com lâmina de barbear (5 a 10 mm de espessura) e obtidos fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> da lâmina foliar entre nervura central e bordo para aquisição das epidermes.

Das secções transversais foram preparadas lâminas semipermanentes, com as secções coradas em Azul de Toluidina pH 4,0 e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

Os fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> foram dissociados em solução de peróxido de hidrogênio 30% e ácido acético glacial PA, permanecendo em estufa graduada em 45°C pelo período de 5 (cinco) dias e em seguida foram coradas com solução de safranina 1%, e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

As estruturas da folha foram observadas em microscópio óptico Primo Star (Zeiss) com câmera digital conectada e as imagens aferidas no programa Zen Lite 2012, com medição da espessura do limbo, parênquima paliçádico e lacunoso, diâmetro equatorial e polar das células guardas. Também foi determinado o tipo estomático, segundo classificação de Wilkinson (1979) e calculado densidade estomática em mm<sup>2</sup> (C<sub>1</sub>/área total) e Índice

Estomático % ( $C_1 \times 100 / (C_1 + C_2)$ ), em que  $C_1$  = estômatos e  $C_2$  = células epidérmicas (CUTTER, 1978).

Em relação à análise estatística dos dados da anatomia foliar de *D. odorata* foram analisados por fatorial, nos sombreamentos 0%, 30%, 50% e 70% e em quatro substratos.

O número de repetições foram 10 cortes transversais de cinco folhas por tratamento para espessura dos tecidos, 10 campos para densidade e 3 estômatos por repetição para diâmetro equatorial e polar das células guardas.

## 2. RESULTADOS

### 2.1. Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

A altura nas mudas de *D. odorata* aos 81 dias teve diferença somente sob o sombreamento 50% que foi maior do que sob 0%. Aos 201 dias, a diferença foi sob 70% que foi maior do que sob 30% e, aos 306 dias, sob 70% foi maior do que sob 50% (Tabela 3). Esses resultados evidenciam maior crescimento da altura em ambientes mais sombreados, característica de espécie clímax. O diâmetro do colo manteve-se sem diferenças entre os sombreamentos até 201 dias, mas aos 306 dias e sob 70% foi somente maior do que sob 0% (Tabela 3).

Tabela 3 – Altura (H), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. sob diferentes sombreamentos em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	H (cm)	DC (mm)	AF (dm <sup>2</sup> )	NF
81	0	21,68 b	4,39 a	2,04 a	4,80 a
	30	25,80 ab	4,52 a	2,19 a	5,60 a
	50	26,84 a	4,40 a	2,32 a	5,30 a
	70	25,50 ab	4,59 a	2,42 a	5,65 a
201	0	26,30 ab	4,18 a	1,91 b	6,25 b

	30	24,37 b	4,29 a	1,97 b	6,35 b
	50	25,73 ab	4,49 a	2,40 b	6,75 ab
	70	29,33 a	4,35 a	3,04 a	8,00 a
306	0	27,73 ab	4,69 b	1,13 b	6,20 a
	30	29,06 ab	5,06 ab	1,77 b	6,60 a
	50	26,49 b	4,80 ab	1,62 b	6,80 a
	70	31,10 a	5,37 a	2,60 a	7,20 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

A área foliar aos 81 dias não teve diferenças entre os sombreamentos, mas aos 201 e 306 dias foi maior sob 70% do que nos outros sombreamentos (Tabela 3).

O número de folhas também não teve diferença aos 81 dias, mas aos 201 dias, foi maior sob 70% do que sob 0% e 30%, sendo estes sem diferenças sob 50%. Aos 306 dias, não teve diferença entre os sombreamentos (Tabela 3).

Até os 81 dias o crescimento da área foliar em todos os sombreamentos foi proporcional ao do número de folhas. Mas, aos 201 dias os aumentos da área foliar e do número de folhas foi maior sob 70% do que nos outros sombreamentos, exceção do número de folhas sob 50% que não teve diferença dos demais. Aos 306 dias, a maior área foliar sob 70% e com o número de folhas sem diferenças entre os sombreamentos, evidencia que proporcionalmente houve maior crescimento do número de folhas do que de área foliar.

Aos 306 ocorreu interação dos efeitos dos sombreamentos e dos substratos (Tabela 4). A interação mostra que nos substratos com partículas de pau de balsa o número de folhas tendeu a ser maior do que com esterco de galinha nos maiores sombreamentos (50% e 70%) e com maior evidência sob 70%. Nos menores sombreamentos (0% e 30%), o número de folhas foi maior do que no esterco de galinha, sob 0% e no substrato com meia parte de pau de balsa (Tabela 4).

Tabela 4 – Interação entre os sombreamentos e substratos no número de folhas das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., aos 306 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1: ½ EG	3:1: ½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
306	0	5,40 a B	8,80 a A	6,20 a AB	4,40 b B
	30	6,20 a AB	9,20 a A	6,00 a AB	5,00 b B
	50	4,20 a B	6,80 a AB	7,60 a A	8,60 a A
	70	4,00 a B	8,20 a A	7,80 a A	8,80 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

A relação H/DC, aos 81 dias foi somente maior no sombreamento 50% do que sob 0%. Mas aos 210 dias, sob 70% foi maior do que sob 30% (Tabela 5). Estes resultados refletiram o crescimento da altura nos mesmos sombreamentos e do diâmetro do colo que não teve diferenças (Tabela 3). No entanto, aos 306 dias, a relação H/DC não teve diferenças entre os sombreamentos (Tabela 5), resultante do equilíbrio de crescimento da altura e diâmetro entre os sombreamentos (Tabela 3).

O peso da matéria seca das raízes teve diferença aos 81 dias, quando sob 50% somente foi maior do que em 0%. Não houve diferenças entre os sombreamentos aos 210 dias, mas aos 306, foi maior somente sob 70% do que sob 50% e 0% (Tabela 5).

Tabela 5 – Altura/diâmetro do colo (H/DC), pesos das matérias secas das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. sob diferentes sombreamentos em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	H/DC	Peso da matéria seca (g)				IQD
			Raiz	Caule	Folha	Total	
81	0	4,96 b	0,56 b	0,73 a	0,98 a	2,27 a	0,28 a
	30	5,70 ab	0,74 ab	0,89 a	1,19 a	2,82 a	0,33 a
	50	6,09 a	0,79 a	0,78 a	1,16 a	2,73 a	0,32 a
	70	5,56 ab	0,76 ab	0,84 a	1,22 a	2,83 a	0,34 a
201	0	6,44 ab	1,38 a	1,45 ab	1,32 b	4,15 ab	0,51 a

	30	5,72 b	1,29 a	1,28 b	1,23 b	3,81 b	0,51 a
	50	5,80 ab	1,27 a	1,39 ab	1,50 ab	4,16 ab	0,52 a
	70	6,95 a	1,43 a	1,71 a	1,77 a	4,91 a	0,53 a
	0	6,02 a	1,21 b	1,31 b	0,83 b	3,35 b	0,45 b
306	30	5,86 a	1,39 ab	1,40 b	1,07 b	3,86 b	0,53 b
	50	5,60 a	1,22 b	1,20 b	1,05 b	3,47 b	0,48 b
	70	5,91 a	1,80 a	2,20 a	1,53 a	5,52 a	0,71 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

As diferenças de crescimento na matéria seca do caule iniciaram aos 210 dias, quando sob 70% foi somente maior do que sob 30%. Aos 306 dias sob 70% foi maior do que nos outros sombreamentos (Tabela 5). Esses dados mostram que a alocação da biomassa para a parte aérea da planta também é maior sob ambiente mais sombreado e à medida e que a planta cresce. De forma semelhante os pesos das matérias secas das folhas e total, as diferenças também iniciaram aos 201 dias e com tendência de serem maiores nos maiores sombreamentos, tendo aos 306 dias os maiores valores sob 70% de sombra (Tabela 5).

O IQD, de forma diferente da relação H/DC, somente apresentou diferenças entre os sombreamentos aos 306 dias e com maior valor sob 70% de sombra (Tabela 5), refletindo as influências do crescimento das matérias secas da raiz, parte aérea e total, enquanto que a relação H/DC não teve diferenças entre os sombreamentos.

## 2.2. Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

Os efeitos dos substratos na altura das mudas de cumaru iniciaram aos 81 dias com diferença entre o com uma parte de partículas de pau de balsa, sendo maior do que o com esterco de galinha. Aos 201 dias não ocorreram diferenças e, aos 306 dias o substrato com meia parte de pau de balsa foi maior somente do que o com duas partes (Tabela 6).

Tabela 6 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. em diferentes substratos em viveiro.

Dias no viveiro	Substratos	H (cm)	DC (mm)	AF (dm <sup>2</sup> )	NF
81	3:1:½ EG	22,64 b	4,22 b	2,09 a	4,75 a
	3:1:½ PB	24,43 ab	4,63 a	2,37 a	5,65 a
	3:1:1 PB	27,64 a	4,63 a	2,37 a	5,40 a
	3:1:2 PB	25,11 ab	4,40 ab	2,14 a	5,55 a
201	3:1:½ EG	27,34 a	4,20 a	2,32 ab	6,85 a
	3:1:½ PB	27,88 a	4,38 a	2,42 ab	7,10 a
	3:1:1 PB	26,08 a	4,54 a	2,62 a	7,25 a
	3:1:2 PB	24,42 a	4,19 a	1,94 b	6,15 a
306	3:1:½ EG	28,59 ab	4,28 b	1,05 c	4,95 b
	3:1:½ PB	31,03 a	5,32 a	2,54 a	8,25 a
	3:1:1 PB	27,78 ab	5,38 a	1,82 b	6,90 a
	3:1:2 PB	26,99 b	4,94 a	1,72 b	6,70 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O diâmetro do colo semelhante à altura somente teve diferenças no início e no final do experimento. No entanto, aos 81 dias, os substratos com uma e meia parte de pau de balsa, foram maiores do que o com esterco de galinha, mas no final todos com partículas de pau de balsa tiveram os valores maiores do que o com esterco de galinha (Tabela 6).

A área foliar apresentou diferenças aos 201 dias, quando o substrato com uma parte de pau de balsa foi somente maior do que o com duas partes. E, aos 306 dias, o substrato com meia parte de pau de balsa teve maior área foliar do que nos outros substratos, sendo o com esterco de galinha menor do que os com uma e duas partes de pau de balsa (Tabela 6).

A relação H/DC somente teve diferenças aos 306 dias, no substrato com esterco de galinha, que foi maior do que naqueles com uma e duas partes de pau de balsa (Tabela 7). Esses resultados refletem as diferenças de crescimento da altura e diâmetro, nessa avaliação.

Tabela 7 - Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), pesos das matérias secas das raízes, caule, folhas e total (g) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. em diferentes substratos em viveiro.

Dias no viveiro	Substrato	H/DC	Peso da matéria seca (g)				IQD
			Raiz	Caule	Folha	Total	
81	3:1:½ EG	5,36 a	0,62 a	0,71 b	1,06 a	2,39 a	0,28 a
	3:1:½ PB	5,31 a	0,74 a	0,78 ab	1,21 a	2,73 a	0,33 a
	3:1:1 PB	5,96 a	0,78 a	0,93 a	1,18 a	2,89 a	0,33 a
	3:1:2 PB	5,69 a	0,70 a	0,83 ab	1,12 a	2,65 a	0,31 a
201	3:1:½ EG	6,68 a	1,12 b	1,34 a	1,52 ab	3,98 ab	0,45 b
	3:1:½ PB	6,50 a	1,30 b	1,61 a	1,48 ab	4,39 ab	0,50 b
	3:1:1 PB	5,80 a	1,73 a	1,57 a	1,61 a	4,91 a	0,64 a
	3:1:2 PB	5,93 a	1,22 b	1,32 a	1,21 b	3,75 b	0,47 b
306	3:1:½ EG	6,75 a	0,73 c	1,05 b	0,67 c	2,45 b	0,27 b
	3:1:½ PB	5,92 ab	1,61 ab	1,96 a	1,58 a	5,15 a	0,65 a
	3:1:1 PB	5,23 b	1,87 a	1,68 a	1,16 ab	4,71 a	0,71 a
	3:1:2 PB	5,49 b	1,41 b	1,42 a	1,08 bc	3,91 a	0,54 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O maior valor de H/DC no esterco de galinha ocorreu pelo menor valor do diâmetro nesse substrato, enquanto que os menores valores de H/DC nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa, ocorreu pelos proporcionais maiores valores do diâmetro nesses substratos (Tabelas 6 e 7).

O peso da matéria seca das raízes teve diferenças aos 201 dias, quando no substrato com uma parte de pau de balsa, foi maior do que nos demais. Mas aos 306 dias, os substratos com pau de balsa foram maiores do que o com esterco de galinha. Entre os substratos com pau de balsa, o com duas partes foi menor do que o com uma parte (Tabela 7).

O peso da matéria seca do caule, no início do experimento no substrato com uma parte de pau de balsa foi maior do com esterco de galinha, não teve diferenças aos 201 dias, mas aos 306 dias todos os substratos com de pau de balsa foram maiores do que o com esterco de

galinha (Tabela 7), evidenciando equilíbrio com maior alocação de assimilados na parte aérea e radicular.

No peso seco da matéria seca da folha, a diferença ocorreu no substrato com meia parte de pau de balsa que foi maior do que com duas partes e com o esterco de galinha. Houve tendência de reduzir o valor da matéria seca da folha com o aumento de partículas de pau de balsa (Tabela 7).

O peso seco da matéria seca total, resultou em maiores valores nos substratos com pau de balsa comparados ao com esterco de galinha (Tabela 7).

O IQD teve diferenças aos 201 dias, quando o substrato com uma parte de pau de balsa foi maior que nos outros e no com esterco de galinha. Mas, aos 306 dias o IQD foi maior em todos os substratos com pau de balsa do que no com esterco de galinha (Tabela 7). Resultados semelhantes dos encontrados através da relação H/DC, onde os menores valores indicam melhor qualidade, enquanto que no IQD são os maiores.

A sobrevivência, em todos os substratos, variou de 97% sob 30% e 50% aos 81 dias até 83% sob 70%, aos 306 dias. Entre os sombreamentos, a sobrevivência foi de 76,8% nos substratos com esterco de galinha e com duas partes de pau de balsa; de 90,5% com meia parte e de 93,5% no com uma parte de pau de balsa.

### **2.3. Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.**

A densidade estomática nas folhas das mudas de *D. odorata* aos 306 dias teve diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) na interação dos sombreamentos e substratos (Tabela 8).

Tabela 8 - Densidade estomática (estômatos/mm<sup>2</sup>) nas folhas das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	374,07 a B	300,00 a B	507,41 a A	337,04 a B
30	377,78 a A	366,67 a A	340,74 b A	348,15 a A
50	337,04 ab A	307,41 a A	285,18 b A	307,41 a A
70	248,15 b B	344,44 a AB	392,59 b A	318,52 a AB

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O aumento dos sombreamentos manteve ou tendeu a diminuir a densidade de estômatos, ou o aumento de partículas de pau de balsa tendeu a aumentar ou manter a densidade, tendo o maior valor sob 0% de sombra e no substrato com uma parte de pau de balsa (507,41 estômatos/mm<sup>2</sup>) e, a menor (248,15 estômatos/mm<sup>2</sup>), sob 70% de sombra e no substrato com esterco de galinha. No entanto, sob 30% e 50% de sombra não ocorreram diferenças entre os substratos (Tabela 8).

O índice estomático (Tabela 9) nos sombreamentos 0%, 30% e 50% e em todos os substratos teve resultados semelhantes ao da densidade estomática (Tabela 8). Sob 70%, nos substratos com esterco de galinha e com duas partes de pau de balsa também foi semelhante ao da densidade estomática. No entanto, com meia parte de pau de balsa foi maior do que o com esterco de galinha e nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa não foi diferente dos outros substratos.

Tabela 9 - Índice estomático (%) nas folhas das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	16,98 ab B	14,42 b B	22,81 a A	15,68 a B
30	20,71 a A	17,97 ab A	19,61 a A	19,10 a A
50	17,29 ab A	19,42 a A	18,78 a A	17,53 a A
70	14,92 b B	21,13 a A	18,68 a AB	17,15 a AB

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O índice estomático nos substratos com mais partículas de pau de balsa (3:1:1 PB e 3:1:2 PB) não teve diferenças entre os sombreamentos (Tabela 9). No substrato com meia parte de pau de balsa e sob 0% foi menor do que sob os maiores sombreamentos (50% e 70%) e no com esterco de galinha e sob 30% foi somente maior do que sob 70% (Tabela 9).

Os diâmetros equatorial e polar do complexo estomático tiveram diferenças entre os fatores estudados, no entanto somente o diâmetro equatorial teve interação com diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) (Tabela 10).

Tabela 10 - Diâmetro equatorial dos estômatos ( $\mu$ ) nas folhas das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	22,25 a A	18,51 b C	19,30 a BC	20,63 a AB
30	18,98 b A	19,59 ab A	20,76 a A	19,66 a A
50	21,47 a A	20,93 a A	20,29 a A	20,68 a A
70	21,94 a A	20,66 a AB	18,99 a B	20,16 a AB

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O diâmetro equatorial da mesma forma que a densidade estomática e o índice estomático, sob os sombreamentos intermediários (30% ou 50%) não teve diferenças entre os substratos (Tabelas 10, 8 e 9). Mas sob 0% com esterco de galinha não teve diferença do com duas partes de pau de balsa. Nos substratos com pau de pau de balsa o valor aumentou com aumento de partículas de pau de balsa. Sob 70% de sombra e com uma parte de pau de balsa, somente foi menor do que com esterco de galinha. Em todos os substratos com pau de balsa e sob 30%, 50% e 70% de sombra não teve diferenças, evidenciando a necessidade de sombra em espécie clímax.

No diâmetro polar ocorreram diferenças entre sombreamentos e substratos ( $p < 0,01$ ), mas sem interação significativa (Tabela 11).

No sombreamento 30%, o diâmetro polar médio, entre os substratos, foi menor comparado aos demais, que não foram diferentes entre si. No entanto, o valor médio dos sombreamentos, no substrato com esterco de galinha foi maior do que com meia ou uma parte de pau de balsa e não diferente do com duas partes. No substrato com duas partes de pau de balsa foi maior do que com uma parte, tendo o valor médio geral de 21,61  $\mu$  (Tabela 11).

Tabela 11 - Diâmetro polar dos estômatos ( $\mu$ ) nas folhas das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos				Média
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB	
0	22,10	21,01	20,87	22,52	21,62 a
30	21,09	20,39	20,80	20,89	20,79 b
50	22,83	22,58	21,76	22,16	22,33 a
70	22,96	21,72	20,47	21,65	21,70 a
Média	22,25 A	21,42 BC	20,97 C	21,80 AB	21,61

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna e maiúscula na linha diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

A espessura dos parênquimas paliçádico ( $p < 0,01$ ) e lacunoso ( $0,01 \leq p < 0,05$ ), mesofilo ( $p < 0,01$ ) e limbo foliar ( $p < 0,01$ ), apresentaram diferenças significativas na interação entre os sombreamentos e substratos (Tabelas 12, 13, 14 e 15).

A Tabela 12 mostra que a espessura do parênquima paliçádico sob 0% e 50% de sombra teve respostas semelhantes em todos os substratos, somente foi menor sob 50% com duas partes de pau de balsa. Sob 30% de sombra a espessura do paliçádico no substrato com esterco de galinha foi menor do que com meia e duas partes de pau de balsa e entre os outros sombreamentos e sob 70% o substrato com esterco foi maior do que todos os com partículas de pau de balsa e que não tiveram diferenças entre si (Tabela 12).

Tabela 12 - Espessura do parênquima paliçádico ( $\mu$ ) das folhas de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	39,47 a AB	42,34 a A	37,33 a B	35,62 b B
30	34,08 b C	40,84 a AB	37,56 a BC	43,17 a A
50	38,06 ab AB	42,34 a A	36,87 a B	30,10 c C
70	35,41 ab A	26,56 b B	27,57 b B	27,64 c B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O substrato com esterco de galinha sob 70% não teve diferenças dos outros sombreamentos, enquanto os com partículas de pau de balsa foram menores do que nos outros sombreamentos, exceção do substrato com duas partes de pau de balsa que não teve diferença do 50% com redução da espessura em ambiente mais sombreado (Tabela 12).

O parênquima lacunoso teve resultados semelhantes sob 0% e 70% de sombreamento e em todos os substratos. Foi menor com esterco de galinha e sob 30% de sombra, comparado ao com duas partes de partículas de pau de balsa, mas tendeu a crescer com o aumento de

partículas de pau de balsa. Sob 50%, também foi menor com esterco de galinha, comparado ao com meia parte de pau de balsa e, tendeu diminuir naqueles com mais pau de balsa (Tabela 13).

Tabela 13 - Espessura do parênquima lacunoso ( $\mu$ ) das folhas de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	90,97 a A	104,21 a A	108,49 a A	105,80 ab A
30	92,69 a B	107,88 a AB	110,38 a AB	116,99 a A
50	80,82 a C	116,52 a A	110,14 a AB	92,35 bc BC
70	80,72 a A	89,40 b A	92,07 a A	84,99 c A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

No substrato com esterco de galinha e com uma parte de partículas de pau de balsa não ocorreram diferenças entre os sombreamentos. No substrato com meia parte de pau de balsa foi menor sob 70% de sombra, enquanto que com duas partes foi maior sob 30%, comparado com os sob 50% e 70%, com tendência de menor espessura nos mais sombreados (Tabela 13).

A espessura do mesofilo em todos os tratamentos teve maior influência dos valores da espessura do parênquima lacunoso (Tabelas 12, 13 e 14).

Tabela 14 - Espessura do mesofilo ( $\mu$ ) das folhas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	130,44 a A	146,55 a A	145,82 a A	141,42 ab A
30	126,77 a B	148,72 a A	147,95 a A	160,17 a A
50	118,88 a B	158,86 a A	147,01 a A	122,45 bc B
70	116,13 a A	115,97 b A	119,64 b A	112,63 c A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Sob 0% e 70% a espessura do mesofilo não teve diferenças entre os substratos. Mas, sob 30% nos substratos com pau de balsa foi maior do que com esterco de galinha e sob 50% teve maiores valores nos substratos com meia e uma parte de pau de balsa (Tabela 14).

A espessura do limbo foliar teve variação dos efeitos dos tratamentos, semelhante ao da espessura do mesofilo, com redução no maior sombreamento ou com mais partículas de pau de balsa (Tabelas 14 e 15).

Tabela 15 - Espessura do limbo foliar ( $\mu$ ) das mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 306 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	161,70 a A	172,15 a A	169,88 a A	156,05 b A
30	148,36 ab B	174,30 a A	173,64 a A	181,32 a A
50	141,42 b B	183,72 a A	174,25 a A	149,92 b B
70	138,10 b A	150,47 b A	141,22 b A	136,82 b A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Esses resultados mostram que em qualquer dos substratos testados, a espessura do limbo das folhas de cumaru não se modifica quando as mudas são cultivadas sob 0% ou 70%. No entanto, sob 30% de sombra a espessura ficou maior quando as mudas foram cultivadas com substratos contendo partículas de pau de balsa. Sob 50%, os maiores valores ocorreram quando cultivadas com meia ou uma parte de pau de balsa.

Também foi observado que as folhas de *D. odorata* são hipoestomáticas, os estômatos estão somente na face abaxial e são anomocíticos, rodeados por células epidérmicas com paredes sinuosas em vista frontal (Figura 1 A e B).

A epiderme é unisseriada com células tabulares a arredondadas e de tamanhos diferentes nas faces e a cutícula tem aspecto liso em toda a superfície foliolar. Na face adaxial, ocorre tricomas tectores unicelulares (Figura 1 C e D).

O mesofilo é dorsiventral, com parênquima paliçádico composto por células longas, justapostas e uniestratificada, seguido de três a cinco camadas de parênquima lacunoso. Também foi observada presença de estruturas secretora dispostas irregularmente ao longo do mesofilo, cristais e monocristais prismáticos (Figura 1 C a E).

Na nervura central, o feixe vascular é colateral, com colênquima justaposto à epiderme adaxial e adjacente à epiderme abaxial e com periciclo espessado contendo fibras. Tricomas tectores e estruturas secretoras também estão presentes na nervura central (Figura 1E).

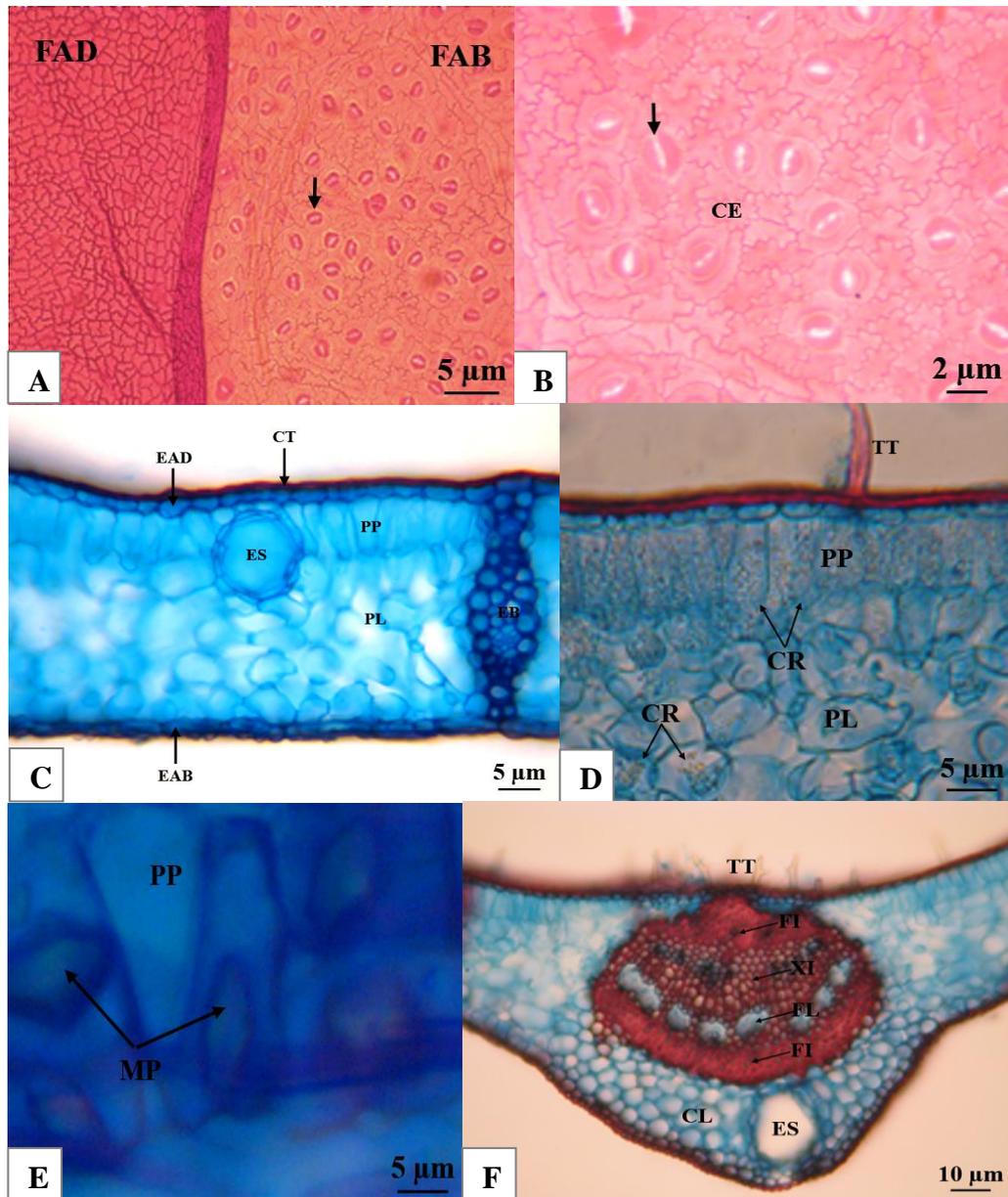


Figura 1 - Anatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. A) Faces adaxial e abaxial com complexo estomático somente na abaxial; B) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; C) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; D) Detalhe do limbo com tricoma tector e cristais prismáticos nos parênquimas paliçádico e lacunoso; E) Parênquima paliçádico com monocristais prismáticos e F) Nervura central. FAD – Face adaxial, FAB – Face abaxial, CE – Célula epidérmica, Setas – estômatos, CT – Cutícula, EAD – epiderme adaxial, EAB – Epiderme abaxial, PP – Parênquima paliçádico, PL – Parênquima lacunoso, ES – Estrutura secretora, TT – Tricoma tector, CR – Cristais prismáticos, MP – Monocristais prismáticos, FI – Fibras, XI - Xilema, FL – Floema e CL - Colênquima.

### 3. DISCUSSÃO

#### 3.1. Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

A maior altura das mudas de *D. odorata* nos maiores sombreamentos em todos os períodos de avaliação evidencia que o sombreamento tem influência na altura desde a fase inicial do crescimento. Dutra et al., 2012 observaram resultados semelhantes em mudas de *Copaifera langsdorffii*, outra espécie clímax.

Segundo Carneiro (1995), essa relação entre altura e diâmetro do colo pode expressar equilíbrio de crescimento e determinar padrão de qualidade antes do plantio. Neste estudo as mudas sob 70% de sombreamento alcançaram maior equilíbrio no crescimento.

A maior área foliar sob 70% de sombra aos 306 dias confirmou maior expansão foliar do que acréscimo no número de folhas. De acordo com Lima et al., 2008 a expansão foliar é resposta frequente e indica compensação sob baixa luminosidade em espécies tolerantes à sombra.

Aos 306 dias a interação dos sombreamentos e substratos com partículas de pau de balsa, mostrou que o número de folhas tendeu a aumentar à medida que aumentou a proporção de partículas de pau de balsa no substrato nos sombreamentos 50% e 70%. Em mudas de *Cassia grandis*, sob 50% de sombra os substratos com esterco bovino tiveram mais folhas do que o com solo+areia (FILHO et al., 2002).

A relação altura/diâmetro do colo tendeu ao equilíbrio aos 306 dias, em todos os sombreamentos. Em *Pinus taeda* esta relação variou de 5,4 a 8,1 (CARNEIRO, 1995). Nas mudas de *Caesalpinia echinata* os menores valores ocorreram em até 40% de sombra (AGUIAR et al., 2011). Em mudas de *Simarouba amara*, sob 50% o crescimento foi maior em diâmetro do que em altura expressando maior equilíbrio de crescimento (AZEVEDO et al., 2010).

Podendo a relação altura/diâmetro do colo expressar equilíbrio de crescimento e determinar padrão de qualidade antes do plantio, com os menores valores (CARNEIRO, 1995), as mudas de cumaru, podem ser produzidas sob 70% de sombra. Mas, para usar a relação altura/diâmetro do colo como critério de qualidade, deve ser acompanhada de parâmetros morfológicos e fisiológicos (CARNEIRO, 1995). Considerando isso, sob 70%, as mudas de cumaru obtiveram mais matéria seca de raiz, caule folha e total, resultando também em maior equilíbrio entre as partes aérea e radicular.

Resultados semelhantes foram obtidos em mudas de *Copaifera langsdorffii*, onde a maior matéria seca de raiz ocorreu nos maiores sombreamentos (DUTRA et al., 2012). Em *Swietenia macrophylla*, a maior matéria seca de raiz foi encontrada sob 50% do que em 0% (TEIXEIRA et al., 2013). O sombreamento 70% parece excessivo em certas espécies, em que as pioneiras tendem a tolerar baixo ou nenhum sombreamento (BARBOSA et al., 1998).

Considerando ainda que as mudas de cumaru aos 306 dias sob 70% de sombra alcançaram maior peso da matéria seca das folhas e área foliar, mas menor espessura dos folíolos. Nessas condições, em geral, as folhas têm maior área foliar específica (LAMBERS et al., 1998). As mudas de *Cedrelinga catenaeformis* sob 70% tiveram maior área foliar, mas sem aumento da matéria seca das folhas, sugerindo maior expansão foliar com redução da espessura (FARIAS et al., 1997).

O maior Índice de Qualidade de Dickson nas mudas sob 70% de sombra aos 306 dias em viveiro indica condição de melhor qualidade de mudas, uma vez que o valor mínimo sugerido por Hunt (1990) foi de 0,20, também se considera que quanto maior o valor desse índice melhor seria a qualidade das mudas (GOMES et al., 2001).

### **3.2. Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.**

O efeito dos substratos na altura das mudas de *D. odorata*, variou ao longo do tempo, aos 81 dias somente com meia parte de pau de balsa foi maior do que o com esterco de galinha. Aos 201 dias, ficou estável sem diferenças entre os tratamentos, mas aos 306 dias no com meia parte de pau de balsa alcançou 31,03 cm e foi somente maior do que com duas partes (Tabela 6). Embora que Gonçalves et al. (2000), terem considerado que mudas de espécies florestais com altura de 20 a 35 cm são de boa qualidade, também se considera que essa variável deve ser acompanhada pelo valor de outras, como o diâmetro do colo que compõe a relação altura/diâmetro e segundo Carneiro (1995) quanto menor o valor, maior o padrão de qualidade.

Os maiores valores do diâmetro do colo ocorreram nos substratos com partículas de pau de balsa, principalmente com meia e uma parte, que foram maiores do que com esterco de galinha e com valores entre 5 a 10 mm, faixa indicada para mudas de espécies florestais (GONÇALVES et al., 2000). Considerando também a variável área foliar, que é a parte receptora de energia solar para a fotossíntese, no substrato com meia parte de pau de balsa, aos 306 dias, foi maior do que nos outros substratos e com número de folhas sem diferenças dos outros com pau de balsa. Dessa forma, o substrato com meia parte de pau de balsa apresentou maior potencial para o cultivo de mudas de cumaru em comparação ao esterco de galinha.

As diferenças da relação altura/diâmetro do colo aos 306 dias nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa e menores que com esterco de galinha, foi resultado do relativo maior crescimento em diâmetro. Assim os substratos com meia ou uma parte, podem substituir o com esterco de galinha na produção de mudas de cumaru, considerando que, para usar a relação altura/diâmetro do colo como critério de qualidade, deve ser acompanhado de parâmetros morfológicos e fisiológicos (CARNEIRO, 1995).

O peso da matéria seca das raízes das mudas de *D. odorata*, inicialmente não teve diferenças, mas aos 210 dias o com uma parte de pau de balsa foi maior do que nos outros substratos. Essa diferença continuou aos 306 dias, sendo maior do que com duas partes de pau de balsa e o com esterco de galinha e, sem diferença do com meia parte. Raízes com maior matéria seca tendem a apresentar maior número de ápices radiculares e possuem mais eficiência na absorção e transporte de água e nutrientes, principalmente, na produção de fitormônios (AFONSO et al., 2012).

O peso da matéria seca do caule, no início apresentou tendência de ser maior nos substratos com partículas de pau de balsa. Aos 201 dias não teve diferenças, mas aos 306 dias, todos os com partículas de pau de balsa foram maiores do que com esterco de galinha. No entanto, o peso da matéria seca das folhas, iniciou sem diferenças entre os substratos e aos 201 dias, a tendência foi de ser maior até o com uma parte de pau de balsa. Aos 306 dias, os maiores valores ocorreram nos com meia e uma parte de pau de balsa.

A tendência de maior crescimento das matérias secas da raiz e caule, aos 306 dias, reflete a afirmativa de que a maior matéria seca da parte aérea, pode constituir reservatório temporário de assimilados, pois ao serem alocadas no caule, podem ser transcoladas, contribuindo para a elevação da matéria seca total (Afonso et al., 2012). Nas mudas de cumaru, isso também ocorreu nos substratos com partículas de pau de balsa com maior número de folhas e área foliar, principalmente nos com meia e uma parte de pau de balsa.

Aos 306 dias, o peso da matéria seca total foi maior nos substratos com partículas de pau de balsa do que o com esterco de galinha, também pelos maiores pesos das matérias secas das folhas e raízes. Em mudas de *Calophyllum brasiliense* os pesos das matérias secas das folhas, caule, raízes e total foram menores com mais esterco bovino (ARTUR et al., 2007). Esses resultados evidenciam que o uso de esterco animal pode ser prejudicial ao crescimento vegetal em doses excessivas ou por falta de controle do estado de cura do composto.

Acompanhando o crescimento da biomassa, altura e diâmetro e considerando que, quanto maior o valor do IQD, melhor a qualidade das mudas (GOMES et al., 2001) e com o valor mínimo de 0,20 (HUNT, 1990), as mudas de *D. odorata* com mais qualidade foram as dos substratos com partículas de pau de balsa, que tiveram o IQD médio de 0,63 e, sob 70% de sombreamento de 0,71. Adicionalmente, a maior sobrevivência foi de 80,4%, sob 70% de sombra, enquanto que nos substratos, as maiores foram nos com uma parte de pau de balsa com 93,5% e com meia parte, com 90,5%. Esses resultados permitem indicar que a produção de mudas de *Dipteryx odorata* com maior qualidade e sobrevivência pode em viveiro sob 70% de sombra e nos substratos com meia ou uma parte de partículas de pau de balsa.

### **3.3. Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.**

A densidade estomática sofreu efeito tanto dos níveis de sombreamento quanto dos tipos de substratos. O aumento dos sombreamentos manteve ou tendeu diminuir, enquanto que aumento de partículas de pau de balsa na composição do substrato tendeu aumentar ou manter, sendo maior no tratamento 0% de sombra e substrato com uma parte de partículas de pau de balsa (507,41 estômatos/mm<sup>2</sup>) e menor em 70% de sombra com substrato esterco de galinha (248,15 estômatos/mm<sup>2</sup>). Em *Calophyllum brasiliense*, as mudas sob pleno sol também apresentaram maior densidade estomática em relação aos sombreamentos 30%, 50% e 70% (NERY et al., 2007).

Segundo Passos e Mendonça (2005) o número de estômatos pode ser influenciado por condições ambientais, variando nas diferentes partes da folha, em diferentes folhas de um mesmo indivíduo ou da mesma espécie de diferentes idades. Silva et al. (2015), observaram maior frequência média de estômatos, de 70/mm<sup>2</sup> nas folhas de sol, enquanto que nas folhas de sombra de 47/mm<sup>2</sup> e sem diferenças entre largura e comprimento dos estômatos. Em

espécies pioneiras e climáticas da Floresta Ombrófila Densa, maiores densidades estomáticas ocorreram nas espécies pioneiras, e as menores nas espécies climáticas (JUNIOR et al., 2004).

O índice estomático nos sombreamentos 0%, 30% e 50% e em todos os substratos, teve resultados semelhantes ao da densidade estomática, evidenciando que as variações do número de estômatos e o de células epidérmicas foram semelhantes e sem diferenças significativas. Pompelli et al., (2010) encontraram forte correlação entre o índice estomático e densidade estomática em folhas de cafeeiro. A maior variação do índice estomático nas folhas de cumarú foi de 22,81% a 14,42% sob 0% de sombra e nos substratos com meia e uma parte de partícula de pau de balsa, com média de 18,62%, enquanto que em cafeeiro foi de 20,08% em folhas de sol e de 19,09% em folhas de sombra. Nas folhas de cumaru, sob 30% de sombra foi de 19,35%.

Os diâmetros equatorial e polar dos complexos estomáticos das folhas de *D. odorata* tenderam diminuir com a redução do sombreamento. Esse resultado corresponde com o da densidade estomática, em que maior densidade estomática, em geral contém estômatos menores e em ambientes menos sombreados. Deste modo o aumento do sombreamento nos substratos contendo pau de balsa resultou em complexos estomáticos com maior diâmetro equatorial e, no substrato com duas partes de pau de balsa, não diferente do substrato com esterco de galinha, evidenciando maior efeito do sombreamento do que do substrato.

O diâmetro polar foi influenciado pelos sombreamentos e substratos ( $p < 0,01$ ) sem interação entre fatores. No sombreamento 30%, o diâmetro polar médio, entre os substratos, foi menor em relação aos demais que não foram diferentes entre si. O maior e menor comprimento dos estômatos em condições naturais de Floresta Ombrófila Densa foi observado, enquanto que a maior e menor largura ocorreu em espécie pioneira. Segundo

Junior et al. (2004), quando há aumento da intensidade luminosa no ambiente, a perda de água pode ser minimizada pela redução do tamanho das células-guarda.

A espessura do limbo tendeu a aumentar nos ambientes menos sombreados, principalmente nos substratos com esterco de galinha e aqueles com menos partículas de pau de balsa. A espessura dos parênquimas paliçádico, lacunoso e mesofilo, também tiveram respostas semelhantes, principalmente nos substratos com partículas de pau de balsa.

Essas respostas também foram encontradas em diversos estudos e, indicam que folhas expostas a luminosidade, tendem a possuir a lâmina foliar mais espessa do que as folhas de sombra (LIMA JÚNIOR. et al., 2006; SABBI et al., 2010; CHIAMOLERA et al., 2011; ARAGÃO et al., 2014). Junior et al. (2004), encontraram que a espessura do parênquima paliçádico foi maior nas espécies pioneiras e menor nas climáticas.

A lâmina foliar e parênquima lacunoso das folhas de mudas *Calophyllum brasiliense* não apresentaram diferença na espessura quando cultivadas sob 0%, 30%, 50% e 70% de sombreamento, entretanto o parênquima paliçádico foi maior em folhas submetidas a 30% de sombreamento em relação aos tratamentos a pleno sol e 70% de sombreamento (JUNIOR et al., 2004).

O parênquima paliçádico e o mesofilo da lâmina foliar da espécie *Rhizophora mangle*, nas folhas de sol foram mais espessos que nas folhas de sombra (SILVA et al., 2015). O arranjo colunar das células do parênquima paliçádico facilita a penetração de luz no parênquima esponjoso, visto que as células em paliçada atuam como guias de luz, transmitindo-a através da forma tubular dos vacúolos e espaços intercelulares (JUNIOR et al., 2004).

## CONCLUSÕES

A produção de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. em viveiro pode ser feita sob 70% de sombreamento artificial e com substrato composto por 3 partes de terra argilosa (horizonte b), 1 parte de areia e 1 ou ½ parte de partículas de pau de balsa enriquecida com macro e micronutrientes, substituindo o esterco de galinha, utilizado tradicionalmente na região amazônica e com alto padrão de qualidade de mudas florestais.

O aumento do sombreamento tendeu diminuir, enquanto que a adição, de partículas de pau de balsa no substrato, aumentou a densidade e índice estomático, as dimensões dos estômatos e espessuras do limbo, mesofilo, parênquima paliçádico e lacunoso, evidenciando a plasticidade anatômica da lâmina foliar de mudas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.

As folhas de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. são hipoestomáticas e com estômatos do tipo anomocíticos e a epiderme unisseriada com células tabulares a arredondadas e de tamanhos diferentes em ambas as faces. Mesofilo dorsiventral com parênquima paliçádico composto por células longas, justapostas e uniestratificadas, com estruturas secretoras dispostas irregularmente ao longo do mesofilo e idioplastos contendo cristais prismáticos, foram observados. Na nervura central, o feixe vascular é colateral.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, M.V.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1019-1026, 2012.

AGUIAR, F.F.A.; KANAHIRO, S.; TAVARES, A.R.; NASCIMENTO, T.D.R.; ROCCO, F.M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 38, n. 6, p. 729-734, 2011.

ARAGÃO, D.S.; LUNZ, A.M.P.; OLIVEIRA, L.C.; RAPOSO, A.; JUNIOR, P.C.P.F. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. **Revista Árvore**, v.38, n.4, p.631-639, 2014.

ARMSTRONG, L. Morpho-anatomy of the leaf and stem of *Eugenia pyriformis*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 22, n. 3, p.475-481, 2012.

ARTUR, A.G.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARRETTO, V.C.M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.843-850, 2007.

AZEVEDO, I.M.G.; ALENCAR, R.M.; BARBOSA, A.P.; ALMEIDA, N.O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Revista Acta Amazonica**, v. 40, p. 157 – 164, 2010.

BARBOSA, A.P.; CAMPOS, M.A.A.; SAMPAIO, P.T.B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C.Q.B. O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Revista Acta Amazonica**, v. 33, n. 3, p. 477-482, 2003.

BARBOSA, A.P.; PINTO, A.M.; RIBEIRO, R.J. **Calendário de floração e frutificação de espécies madeireiras da Região Amazônica**. MCT-INPA/JICA, 2001.

BARBOSA, A.P.; SAMPAIO, P.T.B.; CAMPOS, M.A.A.; VARELA, V.P.; GONÇALVES, C.Q.B.; IIDA, S. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). **Revista Acta Amazonica**, v. 34, n. 1, p. 107 – 110, 2004.

BARBOSA, A.P.; et al.. Tecnologia de produção de mudas de espécies florestais. In: Barbosa, A. P.; Higuchi, N.; Campos, M. A. A.; Sampaio, P. T. B.; Santos, J. **Pesquisas florestais**

**para a conservação da floresta e reabilitação de áreas degradadas da Amazônia.** Manaus: UA, p. 215–252, 1998.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 451 pp, 1995.

CARVALHO, P.E.R. **Cumaru-Ferro (*Dipteryx odorata*).** Colombo, 2009, 8 p.

CHIAMOLERA, L.B.; ÂNGELO, A.C.; BOERGER, M.R.; ARAÚJO, F.C. Aspectos anatômicos e fisiológicos de folhas de *Mimosa scabrella* de áreas com diferentes graus de sucessão. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 435-450, 2011.

CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização.** Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico. 1.ed. Manaus, 409p, 2000.

CUTTER, E. G. **Plant anatomy: cells and tissues.** Part I. London: William Clowes and Sons, 315 p, 1978.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, p.11-13, 1960.

DUARTE, R. F.; SAMPAIO, R.A.; BRANDÃO JUNIOR, D.S.; FERNANDES, L.A.; SILVA, H.P. Crescimento inicial de acácia em condicionador formado de fibra de coco e resíduo agregante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.1176-1185, 2010.

DUTRA, T.R.; GRAZZIOTTI, P.H.; SANTANA, R.C.; MASSAD, M.D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo, plantas e fertilizantes. 2. ed. Rio de Janeiro: **EMBRAPA**, 212 p. 1999.

FARIAS, V. C. C.; COSTA, S. S.; BATALHA, L. F. P. Análise de crescimento de mudas de cedrorana (*Cedrelinga catenaeformis* (Ducke) Ducke) cultivadas em condições de viveiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 193-200, 1997.

FERREIRA, C.S.; CARMO, W.S.; GRACIANO-RIBEIRO, D.; OLIVEIRA, J.M.F.; MELO, R.B.; FRANCO, A.C. Anatomia da lâmina foliar de onze espécies lenhosas dominantes nas savanas de Roraima. **Revista Acta Amazonica**, v. 45, n. 4, p. 337 – 346, 2015.

FILHO, L.S.C.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; BLANK, A.F.; NETO, A.L.S.; AMÂNCIO, V.F. Produção de mudas de *Cassia grandis* L. em diferentes ambientes, recipientes e misturas de substratos. **Revista Ceres**, v. 49 (284), p. 341-352, 2002.

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

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Ipef, p.309-350, 2000.

HUNT, G.A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: **Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations**. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, p.218-222, 1990.

FERMINO JUNIOR, P.C.P.; PAULILO, M.T.S.; REIS, A.; SANTOS, M. Espécies pioneiras e climáticas da floresta ombrófila densa: anatomia foliar comparada. **Insula**, n. 33, p. 21-37, 2004.

LAMBERS, H., POORTER, H., VAN VUUREN, M.M.I. **Inherent Variation in Plant Growth: Physiological Mechanisms and Ecological Consequences**. Backhuys, Leiden, The Netherlands, p. 337–361, 1998.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LIMA, J.D.; SILVA, D.N.B.M.S.; MORAES, W.S.; DANTAS, V.A.V.; ALMEIDA, C.C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Revista Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. e ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA, Manaus, AM, Brasil. 187p, 1979.

LUCAS, A.A.; UIEDA, B.; MENEZES, A.J.; SIQUEIRA, G.; BARBOSA, A.P.; DUFRESNE, L.A.P. Obtenção de Nanofibrilas de Celulose a partir de árvores pioneiras da Floresta Amazônica: Balsa e Surucucumirá. **XIV Latin American Symposium on Polymers and XII Ibero American Congress on Polymers**, Porto de Galinhas – PE, 2014.

MOREIRA, N.S.; NASCIMENTO, L.B.S.; LEAL-COSTA, M.V.; TAVARES, E.S. Comparative anatomy of leaves of *Kalanchoe pinnata* and *K. crenata* in sun and shade conditions, as a support for their identification. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, n. 22, p. 929-936, 2012.

NERY, F.C.; ALVARENGA, A.A.; JUSTO, C.F.; CASTRO, E.M.; SOUZA, G.S.; ALVES, E. Aspectos Anatômicos de Folhas de Plantas Jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. Submetidas a Diferentes Níveis de Sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 129-131, 2007.

PASSOS, M. A. B. e MENDONÇA, M.S. Epiderme dos segmentos foliares de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em três fases de desenvolvimento. **Revista Acta Amazonica**, v. 36, n.4, p. 431-436, 2006.

POMPELLI, M.F.; MARTINS, S.C.V.; CELIN, E.F.; VENTRELLA, M.C.; DaMATTIA, F.M. Whats is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants growth under full-sun and shady conditions? **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1083-1088, 2010.

SABBI, L.B.C.; ÂNGELO, A.C.; BOEGER, M.R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **IHERINGIA, Sér. Bot.**, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SILVA, C.R.A.; SILVA, M.S.; FERREIRA, L.M.S.L.; LEITE, K.R.B.; SILVA, L.B. Morphological and anatomical aspects of the leaves of *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae) under diferente lighting conditions. **Rev. Biol. Neotrop.**, v. 12, n. 2, p. 74-80, 2015.

STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; BELLÉ, R. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, Número Especial 2, p. 345-357, 2010.

TEIXEIRA, W.F.; FAGAN, E.B.; SILVA, J.O.; SILVA, P.G.; SILVA, F.H.; SOUSA, M.C.; CANEDO, S.C. Atividade da Enzima Nitrito Redutase e Crescimento de *Swietenia macrophylla* King sob Efeito de Sombreamento. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 91-98, 2013.

WILKINSON, H.P. **The plant surface (mainly leaf)**. Parte I: Stomata. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. (Eds.). *Anatomy of the Dicotyledons*. 2.ed. Oxford: Clarendon Press, v.1, p.97-117, 1979.

CAPÍTULO II

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS DE *CARAPA***

***PROCERA* CANDOLLE (ANDIROBA) CULTIVADAS EM DIFERENTES**

**SUBSTRATOS E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

## RESUMO

*Carapa procera* Candolle, ocorre no Brasil, Estado do Amazonas, a madeira é nobre e sementes contendo óleo medicinal. A luminosidade e substrato são fatores que afetam o crescimento e qualidade de mudas, enquanto que a anatomia foliar possibilita melhor entendimento das adaptações das plantas. O uso de partículas da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban), com macro e micronutrientes, foi para desenvolver tecnologia, com qualidade. O experimento foi instalado no viveiro da EEST/INPA em Manaus, Am em substratos com terra argilosa, areia e esterco de galinha (3:1:½EG), com partículas de pau de balsa nas proporções 3:1:½PB; 3:1:1PB e 3:1:2PB e nos sombreamentos 0%, 30%, 50% e 70%. O delineamento foi DIC, os dados analisados em fatorial (4 x 4) pela ANOVA e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% aos 243 dias. Foram avaliadas variáveis biométricas, sobrevivência e, a qualidade, pelo IQD e relação altura/diâmetro. A caracterização anatômica foi feita com 5 folhas maduras/tratamento e os cortes e preparo das lâminas seguiram protocolos do LABAF/UFAM, com uso de microscópio óptico Primo Star (Zeiss) e as imagens aferidas no programa Zen Lite 2012. As mudas de *C. procera*, alcançaram índices de qualidade para espécies florestais sob 30% de sombra e no substrato 3:1:½ PB, com 100% de sobrevivência. A densidade e diâmetros dos estômatos foram maiores sob 30% de sombra e aumentaram com as partículas de pau de balsa. As variações nas espessuras dos parênquimas lacunoso e paliçádico e mesófilo refletiram na espessura do limbo, revelando a plasticidade da espécie.

**PALAVRAS-CHAVE:** Viveiro, Crescimento de plantas, anatomia e Tecnologia alternativa.

## ABSTRACT

*Carapa procera* Candolle, occurs in Brazil, State of Amazonas, the wood is noble and seeds containing medicinal oil. The brightness and substrate are factors that affect the growth and quality of seedlings, while leaf anatomy provides a better understanding of the adaptations of plants. The use of particles of wood *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urban), with macro and micronutrients, was to develop technology with quality. The experiment was installed in the nursery of EEST / INPA in Manaus, Am on substrates with clayey soil, sand and chicken manure (3: 1: ½EG), with balsa wood particles in the proportions 3: 1: ½PB; 3: 1: 1PB and 3: 1: 2PB and shading 0%, 30%, 50% and 70%. The design was DIC, the data analyzed in a factorial (4 x 4) by ANOVA and means compared by 5% Tukey test. Biometric variables were evaluated, survival and quality at IQD and height / diameter. The anatomical characterization was made with 5 mature leaves/treatment and the cuts and preparation of slides, followed the protocols LABAF / UFAM, using optical microscope Primo Star (Zeiss) and the images, measured in Zen Lite program 2012. The *C. procera* seedlings, achieved quality levels for forest species under 30% shade on substrate 3: 1: ½ PB, with 100% survival. The density, thickness of the diameters of the stomata were higher under 30% shade and increased with the balsa wood particles. The variation on thicknesses of palisade and spongy parenchymas and mesophyll, reflected in blade leaf thickness, revealing the plasticity of the species.

**KEYWORDS:** Nursery, Plant Growth, anatomy and alternative technology.

## INTRODUÇÃO

Na Amazônia, encontram-se duas espécies de andiroba, a *Carapa guianensis* Aublet e a *Carapa procera* Candolle, ambas da família Meliaceae e são conhecidas pela qualidade da madeira e pelo óleo extraído das sementes (PENNINGTON et al., 1981). Estas espécies recebem denominações vulgares de andiroba, andirobeira, andirobinha, andiroba-do-igapó, carape, jandiroba e penaiba (CLAY et al., 2000 e FERRAZ, 2003).

A *Carapa procera* Candolle ocorre na África e América do Sul. No Brasil, foi registrada, até agora, somente no Estado do Amazonas (FERRAZ, 2004). A árvore atinge até 30 m, tem fuste cilíndrico e reto com até 15 m e pode apresentar sapopemas. Na região de Manaus, as duas espécies apresentam floração e frutificação em períodos similares e, ambas, são perenifólias (Ferraz et al., 2002). De acordo com Barbosa et al. (2001), a *C. guianensis* Aubl. floresce entre janeiro e fevereiro e frutifica de fevereiro a março.

Segundo Gonçalves et al. (2010) a andiroba apresenta baixa tolerância à sombra quando jovem, porém na fase adulta mostra maior tolerância.

O comportamento de tolerância à sombra, nas etapas iniciais de desenvolvimento, foi confirmado por Finegan (1992), relatando que mudas crescem rápido sob iluminação direta, na presença de aberturas no dossel, mas não dependem dela para seu desenvolvimento. Carvalho (2000), também classificou como tolerante à sombra.

As andirobeiras são as plantas medicinais mais utilizadas por populações tradicionais. Na Ilha de Marajó, Pará, o óleo é usado no tratamento da artrite; o chá da casca e das flores para combater bactérias e no tratamento de tumores; o cerne como fungicida e, entre os índios, o óleo também é usado como repelente de insetos (CLAY, 2000).

A madeira, moderadamente pesada, é considerada nobre, fácil de trabalhar, permite bom acabamento e, nos mercados interno e externo, usada na fabricação de móveis, lâminas,

compensados, caixotaria fina e acabamentos internos de barcos e navios (LOUREIRO et al., 1979).

A *Carapa procera* foi testada em plantios para recuperação de áreas degradadas e como componente de sistemas agroflorestais na Amazônia e com resultados promissores (CLAY et al., 2000 e TONINI et al., 2008).

No entanto, os viveiristas, produtores de mudas de espécies florestais, necessitam determinar, na fase de viveiro, quais fatores podem afetar a sobrevivência e o crescimento inicial no campo, tendo as mudas que apresentar robustez e capacidade de capturar e usar os recursos disponíveis como nutrientes e água do solo, bem como a energia luminosa (CARNEIRO, 1995 e FERREIRA et al., 2009).

Estas características, necessárias para obtenção do sucesso do plantio no campo, são obtidas pela avaliação de parâmetros morfológicos, como altura, diâmetro do colo, pesos secos das raízes, caule e folhas, relação altura/diâmetro do colo e Índice de Qualidade de Dickson e que auxiliam na determinação da qualidade de mudas (CARNEIRO, 1995 e FONSECA et al., 2002)

Entre os fatores que afetam a qualidade de mudas na fase de viveiro estão à disponibilidade de luz e substrato. O sombreamento artificial tem sido utilizado, em parcelas experimentais, visto que proporciona condições uniformes de iluminação quando comparadas aos estudos em condições naturais (RÊGO e POSSAMAI, 2006). Além disso, quando os canteiros são cobertos em cima e nas laterais protegem as mudas de ataques de insetos (AZEVEDO et al., 2010).

A caracterização morfoanatômica da folha constitui ferramenta para compreensão do crescimento e desenvolvimento de mudas em condições de viveiro que, de acordo com Schluter et al. (2003), vários processos do desenvolvimento, como taxa de fotossíntese,

biossíntese de pigmentos, assimilação de nitrogênio, anatomia foliar, entre outros, são regulados pela luz.

Vários trabalhos têm estudado os efeitos da luminosidade sobre a estrutura e anatomia foliar e, mais recentemente, em espécies florestais nativas da Amazônia, como em *Minquartia guianensis* (MAGALHÃES et al., 2009); em 35 diferentes espécies amazônicas (CAMARGO e MARENCO, 2011) e *Carapa guianensis* (CAMARGO e MARENCO, 2012 e ARAGÃO et al., 2014).

Os substratos, em diversas composições, têm sido testados atualmente para propagação de espécies florestais via seminal ou vegetativa, e com ênfase às diferentes combinações que influenciam o desenvolvimento das mudas (DUTRA et al., 2012).

Neste trabalho, partículas de madeira de pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban - Malvaceae) enriquecidas com macro e micronutrientes foram utilizadas para uniformizar e homogeneizar o substrato, uma vez que podem ser controlados o tempo e a composição em todos os estágios de preparo, garantindo melhor qualidade e para substituir o esterco de galinha, comumente utilizado na região amazônica.

Sendo assim, esta pesquisa visou avaliar o efeito da adição de partículas de madeira de pau de balsa na composição do substrato e de diferentes níveis de sombreamentos no crescimento e na morfoanatomia foliar de mudas de *Carapa procera* Candolle em viveiro.

## 1. MATERIAL E MÉTODOS

### 1.1. Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas *Carapa procera* Candolle.

O experimento foi instalado no viveiro florestal da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) do INPA, Manaus, Amazonas, situada na rodovia BR-174, km 43. Os frutos foram coletados de matrizes da EEST, beneficiados e o semeio em areia lavada.

A repicagem foi feita em sacolas plásticas (28 x 16 cm) com a primeira folha desenvolvida, raízes sem defeito e podadas a 7 cm do coleto.

Foram testados 4 substratos. O primeiro composto por 3 partes de terra argilosa (horizonte B), 1 parte de areia e meia parte de esterco de galinha (EG) curtido, seco e pulverizado (3:1:½ EG). Nos outros substratos, o esterco de galinha foi substituído por partículas de pau de balsa (PB) nas proporções 3:1:½ PB; 3:1:1PB e 3:1:2PB.

As partículas de pau de balsa foram obtidas pela trituração da madeira de troncos e galhos de árvores plantadas, em triturador com peneira de 15 mm. Foram secas ao sol e imersas em solução nutritiva, revolvidas diariamente por 3 meses e novamente secas sob sombra, por 30 dias sob galpão. A solução nutritiva foi composta por macronutrientes (N<sub>2</sub>: 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 14% e K<sub>2</sub>O: 8%, Ca: 20,6%, S: 3,2%), e micronutrientes (B: 0,160%, Cu: 0,280%, Mn: 0,320% e Zn: 0,200%), na diluição de 3 kg do adubo mineral/1000 L de água.

Após a repicagem, as mudas ficaram sob galpão por 30 dias e irrigadas por aspersão, duas vezes ao dia. No viveiro, foram colocadas em canteiros cobertos por cima e nas laterais com telas de poliolefina pretas (sombrite) graduadas em 30%, 50% e 70% de sombreamento. No tratamento 0% de sombreamento o canteiro não recebeu sombrite. Cada parcela do experimento foi composta por 25 mudas (5 filas de 5 mudas) e em cada avaliação foram retiradas 5 mudas (repetições) centrais ao acaso e, as restantes, re-arrumadas mantendo a bordadura simples.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso e os dados analisados em esquema fatorial (4 x 4), através da análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas foram avaliadas aos 143 dias, quando algumas mudas alcançaram a parte superior do sombrite e, para manter a homogeneidade das condições ambientais entre e dentro dos tratamentos. O experimento foi encerrado com as medições da altura (H), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), pesos da matéria seca de raiz (PSR), caule (PSC), folhas (PSF) e total (PST).

A qualidade das mudas em cada tratamento, foi calculada através do Índice de Qualidade de Dickson e da relação HT/DC. A porcentagem de sobrevivência foi avaliada com base no número de mudas no início e no final do experimento.

## **1.2. Análises física e química dos substratos**

Conforme descrito no item 1 “MATERIAL E MÉTODOS”, subitem 1.2 do capítulo I.

## **1.3 Caracterização anatômica da folha das mudas de *Carapa procera* Candolle.**

A caracterização da anatomia foliar foi feita com a coleta de cinco folhas maduras por tratamento no final do experimento e a partir do quarto nó, conforme Moreira et al. (2012) e Armstrong et al. (2012).

As folhas foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados por tratamento, em seguida levados para o Laboratório de Botânica Agroflorestral da Universidade Federal do Amazonas– LABAF/UFAM e fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico 70%) e conservadas em álcool etílico 70%.

Os cortes foram feitos na região mediana do limbo, seccionados transversalmente em micrótomo de mesa equipado com lâmina de barbear (5 a 10 mm de espessura) e obtidos

fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> da lâmina foliar entre nervura central e bordo para aquisição das epidermes.

Das secções transversais foram preparadas lâminas semipermanentes, com as secções coradas em Azul de Toluidina pH 4,0 e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

Os fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> foram dissociados em solução de peróxido de hidrogênio 30% e ácido acético glacial PA, permanecendo em estufa graduada em 45°C pelo período de 3 (três) dias e em seguida foram coradas com solução de safranina 1%, e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

As estruturas da folha foram observadas em microscópio óptico Primo Star (Zeiss) com câmara digital conectada e as imagens aferidas no programa Zen Lite 2012, com medição da espessura do limbo, parênquima paliçádico e lacunoso, diâmetro equatorial e polar das células guardas. Também foi determinado o tipo estomático, segundo classificação de Wilkinson (1979) e calculado densidade estomática em mm<sup>2</sup> ( $C_1/\text{área total}$ ) e Índice Estomático % ( $C_1 \times 100 / (C_1 + C_2)$ ), em que  $C_1$  = estômatos e  $C_2$  = células epidérmicas (CUTTER, 1978).

A análise estatística dos dados da anatomia foliar de *C. procera* foi feita por fatorial 3x4, sendo três sombreamentos 0%, 30% e 50% e quatro substratos, sendo as amostras para a caracterização anatômica, feitas nos tratamentos em que houve diferenças na área foliar.

O número de repetições foi de 10 cortes transversais de cinco folhas por tratamento para a espessura dos tecidos, 10 campos para densidade e 3 estômatos por repetição para diâmetro equatorial e polar das células guardas.

## 2 RESULTADOS

### 2.1 Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de *Carapa procera* Candolle

A altura e a área foliar das mudas de *C. procera* tiveram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) dos efeitos dos sombreamentos. A altura sob 50%, somente foi maior do que sob 0%. A área foliar, sob 50% foi maior do que sob 0% e 70% e sem diferença de 30%. A variação da altura teve relação com a variação da área foliar entre os sombreamentos, enquanto o diâmetro do colo e o número de folhas não tiveram diferenças (Tabela 16).

Tabela 16 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamentos aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	H (cm)	DC (cm)	AF (dm <sup>2</sup> )	NF
0	43,44 b	9,78 a	9,61 c	7,25 a
30	47,78 ab	9,50 a	13,14 ab	7,70 a
50	51,52 a	10,09 a	15,46 a	8,15 a
70	47,64 ab	9,62 a	12,16 bc	8,20 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

A relação altura/diâmetro do colo também teve diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) dos efeitos dos sombreamentos, sendo menor sob 0% do que sob 30% e 50% e nestes sem diferença de 70% (Tabela 17). O menor valor de H/DC sob 0% ocorreu como resultado do menor valor da altura nesse tratamento, uma vez que os diâmetros nos outros sombreamentos não tiveram diferenças significativas (Tabelas 16 e 17). Para que ocorresse crescimento com mais equilíbrio, os maiores valores da altura deveriam ser acompanhados proporcionalmente por maiores valores no diâmetro do colo, para que o parâmetro fosse usado para avaliar o padrão de qualidade de mudas com eficiência.

Desta forma, o crescimento das mudas de andiroba ocorreu com mais equilíbrio, onde não ocorreram diferenças na altura, uma vez que o diâmetro não teve diferenças significativas entre os sombreamentos (Tabelas 16 e 17).

Tabela 17 – Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), peso da matéria seca das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamentos aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	H/DC	Peso seco (g)				IQD
		Raiz	Caule	Folha	Total	
0	4,46 b	7,24 a	6,82 a	6,54 ab	20,60 a	3,32 a
30	5,04 a	6,92 a	6,19 a	6,07 b	19,18 a	2,84 a
50	5,13 a	6,01 a	7,41 a	7,78 a	21,20 a	2,70 a
70	5,00 ab	6,02 a	5,48 a	6,22 ab	17,72 a	2,62 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

Os pesos das matérias secas da raiz, caule e total não tiveram diferenças entre os sombreamentos (Tabela 17). Mas, o peso da matéria seca da folha teve diferenças ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) no sombreamento 50% que foi maior do que no 30% (Tabela 17).

A uniformidade da matéria seca total entre os sombreamentos ocorreu com um dos maiores valores da matéria seca da raiz, compensando com o menor valor no peso seco da folha no sombreamento 30% (Tabela 17).

O IQD não teve diferenças entre os sombreamentos (Tabela 17) e, o valor médio, foi de  $2,87 \pm 0,14$ , refletindo a pouca variação que ocorreu entre as matérias secas da planta.

No entanto, no peso da matéria seca das folhas ocorreu interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) (Tabela 18).

A matéria seca das folhas, nos substratos com partículas de pau de balsa não teve diferenças sob todos os sombreamentos. Somente no esterco de galinha e sob 0% e 50% foi maior do que nos outros substratos (Tabela 18).

Tabela 18 - Interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos no peso da matéria seca das folhas (g) de mudas de *Carapa procera* Candolle aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	12,72 a A	5,13 a B	4,63 a B	3,66 a B
30	8,64 b A	6,21 a AB	5,61 a AB	3,84 a B
50	12,67 a A	8,03 a B	6,27 a BC	4,15 a C
70	9,02 b A	7,26 a AB	4,34 a B	4,24 a B

Valores médios seguidos por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Nos substratos com pau de balsa e sob 50%, os valores da matéria seca das folhas diminuiram com o aumento da proporção de partículas. Nos sombreamentos sob 30% e 70%, à medida em que aumentou a quantidade de partículas de pau de balsa no substrato as diferenças também aumentaram, sendo o esterco de galinha sob 30% somente maior do que no substrato com duas partes de pau de balsa. Sob 70% o com esterco de galinha foi maior do que nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa (Tabela 18).

## 2.2 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de *Carapa procera* Candolle

A altura, área foliar e número de folhas tiveram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os substratos (Tabela 19).

A área foliar foi maior no substrato com esterco de galinha em relação aos com pau de balsa e com redução à medida que aumentou a proporção de partículas. No entanto, o número de folhas nos substratos com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, não teve diferença, mas foi maior do que com uma e duas partes de pau de balsa (Tabela 19).

A altura foi maior nos substratos com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, comparados com os de uma e duas partes, não diferentes entre si (Tabela 19).

Tabela 19 - Altura (H), diâmetro do colo (DC), área foliar (AF) e número de folhas (NF) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes substratos aos 143 dias em viveiro.

Substratos	H (cm)	DC (cm)	AF (dm <sup>2</sup> )	NF
3:1:½ EG	56,38 a	10,49 a	21,17 a	9,70 a
3:1:½ PB	51,02 a	9,74 a	12,73 b	8,85 a
3:1:1 PB	43,51 b	9,41 a	9,79 c	7,00 b
3:1:2 PB	39,46 b	9,37 a	6,68 d	5,75 c

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

A falta de diferenças nos diâmetros do colo entre os substratos e com os menores valores da altura (Tabela 19) ocasionou menores valores de H/DC nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa (Tabela 20). No entanto, para que ocorresse crescimento com equilíbrio, os maiores valores da altura deveriam ser acompanhados proporcionalmente por maiores valores no diâmetro do colo, para que o parâmetro fosse usado para avaliar o padrão de qualidade de mudas com eficiência.

Comparando-se os resultados da área foliar e do número de folhas entre os substratos com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, mostra que houve redução da área foliar mantendo o número de folhas semelhante, evidenciando produção de folhas com áreas menores. Nos outros substratos com mais partículas de pau de balsa, a redução significativa no número de folhas conseqüentemente, reduziu a área foliar (Tabela 19).

Os crescimentos das matérias secas de raiz, caule, folhas e total foram maiores no substrato com esterco de galinha, sendo não diferentes somente na matéria seca de raiz no

com meia parte de pau de balsa, que foi 55% da soma dos pesos das matérias secas do caule e folhas. Este valor teve influência nos resultados do IQD, que não teve diferença entre esses substratos (Tabela 20). Enquanto os menores valores (maior qualidade) de determinação da qualidade de mudas pela relação H/DC que ocorreu nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa, no IQD os maiores valores (maior qualidade) ocorreram nos substratos com esterco e com meia parte de pau de balsa (Tabela 20).

Tabela 20 - Relação altura/diâmetro do colo (H/DC), peso da matéria seca das raízes, caule, folhas e total e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes substratos aos 143 dias em viveiro.

Substratos	H/DC	Peso da matéria seca (g)				IQD
		Raiz	Caule	Folha	Total	
3:1:½ EG	5,41 a	8,02 a	8,98 a	10,76 a	27,76 a	3,57 a
3:1:½ PB	5,27 a	7,18 ab	6,38 b	6,66 b	20,22 b	2,89 ab
3:1:1 PB	4,68 b	5,43 b	5,47 b	5,21 bc	16,11 bc	2,52 b
3:1:2 PB	4,27 b	5,56 b	5,07 b	3,97 c	14,60 c	2,50 b

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Esses resultados mostram a fragilidade da relação H/DC na avaliação de qualidade de mudas, quando não se inclui outras variáveis das análises de crescimento ou fisiológicas.

A sobrevivência sob 0% de sombra foi 96% nos substratos com esterco de galinha e com meia e uma parte e, de 88% com duas partes de pau de balsa. Sob 30% de sombra foi também de 96% no esterco de galinha, mas de 100% nos com meia parte e uma parte de pau de balsa e de 88% com duas partes de pau de balsa.

Entre os sombreamentos, a qualidade das mudas de andiroba avaliada pela relação H/DC teve o menor valor (maior qualidade) sob 0%, mas sem diferenças no IQD. Entre os substratos, a relação H/DC teve os menores valores naqueles com uma e duas partes de pau de

balsa, mas com maiores valores (maior qualidade) no IQD no esterco de galinha e no com meia parte de pau de balsa.

Entre os sombreamentos, o menor valor de H/DC não refletiu maior qualidade, considerando que sob 0% a altura e o diâmetro não tiveram diferenças de 30% e com o IQD sem diferenças significativas.

Entre os substratos, os menores valores ocorreram nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa, enquanto que os maiores valores do IQD ocorreram no esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, resultante dos maiores valores das matérias secas nesses tratamentos, evidenciando maior equilíbrio de crescimento.

Por outro lado, a sobrevivência sob 0% e com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, foi de 96%, enquanto que sob 30% a sobrevivência foi de 100% no substrato com meia parte de pau de balsa, evidenciando menos estresse nessas condições.

Considerando os resultados dos parâmetros de qualidade de mudas, a alocação de biomassa e a sobrevivência, as mudas de andiroba devem ser cultivadas sob 30% de sombra e nos substratos com meia parte de partículas de pau de balsa ou com meia parte de esterco de galinha. No entanto, as mudas sob 30% tiveram maior sobrevivência.

### **2.3 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de *Carapa procera* Candolle**

A densidade estomática, índice estomático, diâmetro equatorial, diâmetro polar, espessuras dos parênquimas paliádico, lacunoso, do mesófilo e do limbo foliar tiveram interações significativas dos efeitos dos sombreamentos e substratos (Tabelas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 e 28). Entre estes, somente o diâmetro polar teve diferença significativa sob 30% de sombreamento e em todos os substratos testados (Tabela 24).

Esses resultados evidenciam que 30% de sombra é o sombreamento característico do grupo ecológico intermediário a que pertence à andiroba e com adaptações aos substratos.

A densidade estomática no tratamento sob 0% de sombreamento os efeitos dos substratos variaram, sendo maiores nos substratos com meia e duas partes de pau de balsa do que nos com esterco de galinha e com uma parte de pau de balsa. Sob 50% a variação foi mais uniforme, sendo maiores nos com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa do que no com duas partes. No substrato com esterco de galinha também foi maior do que com uma parte de pau de balsa. Nos substratos com uma e duas partes não teve diferença (Tabela 21).

No substrato com esterco de galinha a densidade estomática sob 50% foi maior do que sob 0% e 30% sem diferenças entre si. No substrato com meia parte de pau de balsa e sob 0% foi maior do que sob 30% e 50%. No 3:1:1 PB não houve diferenças entre os sombreamentos, mas em 3:1:2 PB a densidade diminuiu significativamente à medida em que aumentou o sombreamento (Tabela 21).

O índice estomático (Tabela 22) nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa e sob todos os sombreamentos foi semelhante à densidade estomática (Tabela 21).

Tabela 21 - Densidade estomática (estômatos/mm<sup>2</sup>) em mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamento e substratos, aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	500,00 b B	700,00 a A	459,26 a B	748,15 a A
30	492,59 b A	488,89 b A	514,81 a A	581,48 b A
50	622,22 a A	555,56 b AB	488,89 a BC	433,33 c C

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

No substrato com esterco de galinha não teve diferenças em todos os sombreamentos, mas com meia parte de pau de balsa e sob 0% foi maior somente do que no 50% (Tabela 22).

Tabela 22 – Índice estomático em folhas de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas em diferentes sombreamento e substratos, aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	11,67 a C	14,59 a B	10,90 a C	16,56 a A
30	11,69 a A	12,94 ab A	12,27 a A	13,42 b A
50	13,12 a A	12,00 b AB	12,38 a AB	10,43 c B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O diâmetro equatorial aumentou com os aumentos dos sombreamentos e com mais partículas de pau de balsa nos substratos. Sob 0% foi menor somente com duas partes de pau de balsa, mas sem diferença do com esterco de galinha. Não teve diferenças entre os substratos, sob 30% de sombra (Tabela 23).

Nos substratos com esterco e com meia parte de pau de balsa o diâmetro equatorial sob 0% e 30% de sombra não foi diferente, porém maior do que sob 50%. No substrato com uma parte de pau de balsa não ocorreram diferenças, mas com duas partes e sob 50% foi maior do que sob 0%, enquanto sob 30% não teve diferenças dos demais (Tabela 23).

Tabela 23 - Diâmetro equatorial ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes sombreamentos e substrato, aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	16,12 a AB	16,74 a A	16,62 a A	15,25 b B
30	16,49 a A	16,21 a A	16,68 a A	15,94 ab A
50	14,60 b B	14,23 b B	16,85 a A	16,43 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O diâmetro polar sob 0% de sombra não teve diferenças entre os substratos. A partir de 30% de sombra tendeu a ser maior com o aumento de pau de balsa e sob 50% os maiores valores ocorreram nos substratos com um e duas partes de pau de balsa (Tabela 24).

Tabela 24 - Diâmetro polar ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	15,91 a A	16,02 a A	16,38 ab A	15,67 b A
30	16,06 a A	15,76 a AB	15,78 b AB	15,01 b B
50	14,79 b B	13,37 b C	16,91 a A	16,95 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Nos substratos com esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa não teve diferenças. No entanto, com uma parte de pau de balsa e sob 50% de sombra foi maior do que sob 30% e não diferente daquele sob 0%. Com duas partes de pau de balsa e sob 50% foi maior do que sob 0% e 30% (Tabela 24).

As espessuras dos parênquimas paliçádico e lacunoso, mesofilo e limbo foliar de *C. procera*, tiveram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) na interação dos sombreamentos e substratos (Tabelas 25, 26, 27 e 28).

Tabela 25 - Espessura do parênquima paliçádico ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	31,70 a AB	31,05 a B	37,46 a A	23,47 a C
30	29,05 a A	30,99 a A	32,34 ab A	26,62 a A
50	32,31 a A	19,60 b B	30,66 b A	16,98 b B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

As espessuras dos parênquimas paliçádico e lacunoso, mesofilo e a espessura do limbo sob 30% de sombra, não tiveram diferenças significativas entre os substratos (Tabelas 25, 26, 27 e 28). Esses resultados também ocorreram na densidade estomática, índice estomático e diâmetro equatorial (Tabelas 21, 22 e 23), evidenciando que sob 30% de sombra é o sombreamento característico de espécies do grupo ecológico intermediário a que pertence e com adaptações aos diferentes substratos.

Sob 0% ocorreram diferenças na espessura do parênquima paliçádico com os maiores valores nos substratos com esterco de galinha e com uma parte de partículas de pau de balsa, enquanto o menor valor foi no substrato com duas partes de pau de balsa. Sob 50%, os resultados foram semelhantes ao do 0%, mas com os menores valores nos substratos com meia e duas partes de pau de balsa (Tabela 25).

A espessura do parênquima lacunoso, sob 0% foi somente maior no substrato com uma parte de pau de balsa, comparado com o com esterco de galinha (Tabela 26). Sob 50%, os resultados foram idênticos aos do parênquima paliçádico (Tabelas 25 e 26).

Tabela 26 - Espessura do parênquima lacunoso ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	68,28 b B	75,86 ab AB	84,30 a A	70,40 a AB
30	81,29 b A	83,47 a A	84,43 a A	77,07 a A
50	100,54 a A	64,17 b B	92,73 a A	70,49 a B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Os sombreamentos e substratos tiveram efeitos diferentes na espessura do mesofilo. No substrato com esterco e sob 50% de sombra foi maior do que nos outros sombreamentos. Nos substratos com partículas de pau de balsa, inversamente tendeu a ser maior sob 0% e 30% de sombra (Tabela 27). Esses resultados ocorreram com a influência da variação dos valores das espessuras dos parênquimas paliçádico e lacunoso (Tabelas 25 e 26). Sendo a espessura do parênquima lacunoso maior do que a do paliçádico em todos os tratamentos.

Tabela 27 - Espessura do mesofilo ( $\mu$ ) de folhas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	99,98 b B	106,92 a AB	121,76 a A	93,87 ab B
30	110,34 b A	114,46 a A	116,78 a A	103,69 a A
50	132,84 a A	83,77 b B	123,39 a A	87,47 b B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

No entanto, a participação da espessura dos parênquimas paliçádico e lacunoso na espessura do mesofilo variou entre os tratamentos (Tabelas 25, 26 e 27).

Nos sombreamentos 30% e 50% não houve diferença nos valores médios de todos os substratos nos parênquimas paliçádico e lacunoso (Tabelas 25, 26 e 27).

Sob 0%, no substrato com uma parte de pau de balsa, não ocorreu diferença entre os dois parênquimas, em ambos foi maior do que nos outros substratos. No substrato com esterco de galinha no paliçádico não teve diferenças dos outros substratos, mas no lacunoso foi menor do que com uma parte de pau de balsa e sem diferença dos demais. No substrato com meia parte de pau de balsa, o paliçádico foi menor do que o com uma parte de pau de balsa; sem diferença do esterco de galinha e maior do que o com duas partes de pau de balsa. Enquanto que no lacunoso, não teve diferença dos demais. No substrato com duas partes de pau de

balsa, no paliçádico foi menor do que nos outros substratos, enquanto que no lacunoso, não teve diferença dos outros substratos (Tabelas 25, 26 e 27).

Porém no substrato com esterco de galinha, a maior influência foi do parênquima lacunoso em todos os sombreamentos. No substrato com meia parte de pau de balsa, a maior influência foi do parênquima paliçádico. No substrato com uma parte de pau de balsa a maior influência foi do parênquima paliçádico. No substrato com duas partes de pau de balsa a maior influência foi do parênquima paliçádico (Tabelas 25, 26 e 27).

Os valores da espessura do limbo (Tabela 28) foram idênticos aos do mesofilo (Tabela 27), por não estarem incluídas as espessuras das epidermes das faces abaxial e adaxial das folhas.

Tabela 28 - Espessura do limbo foliar ( $\mu$ ) de mudas de *Carapa procera* Candolle cultivadas sob diferentes níveis de sombreamento e substrato aos 143 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	111,97 b B	120,72 a B	138,24 a A	108,63 ab B
30	122,57 b A	129,37 a A	129,26 a A	117,53 a A
50	147,10 a A	95,50 b B	140,45 a A	101,06 b B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

As folhas de *Carapa procera* Candolle são hipoestomáticas, com estômatos na face abaxial e anomocíticos, rodeados por células epidérmicas com paredes retas em vista frontal (Figura 2 A). A epiderme é unisseriada, com células arredondadas de tamanhos diferentes em ambas as faces e cutícula delgada de aspecto liso cobrindo toda a superfície foliolar. Tanto na face adaxial como na abaxial não foi observada ocorrência de tricomas (Figura 2 B).

O mesofilo é dorsiventral, com parênquima paliçádico composto por células justapostas e geralmente uniestratificadas, podendo desenvolver a segunda camada de células,

seguido de quatro a sete camadas no parênquima lacunoso (Figura 2 B). Também foi observado esclereídes e idioblastos com oxalato de cálcio em forma de drusas e grãos de amido ao longo do mesofilo (Figura 2 B a D). Na nervura central, o feixe vascular é colateral, com duas a quatro camadas de colênquima justapostas à epiderme adaxial e adjacente à epiderme abaxial, bainha esclerenquimática e periciclo contendo fibras (Figura 2 E). Também foi observada a ocorrência de idioblastos contendo monocristais prismáticos e grãos de amido (Figura 2 F), além de drusas.

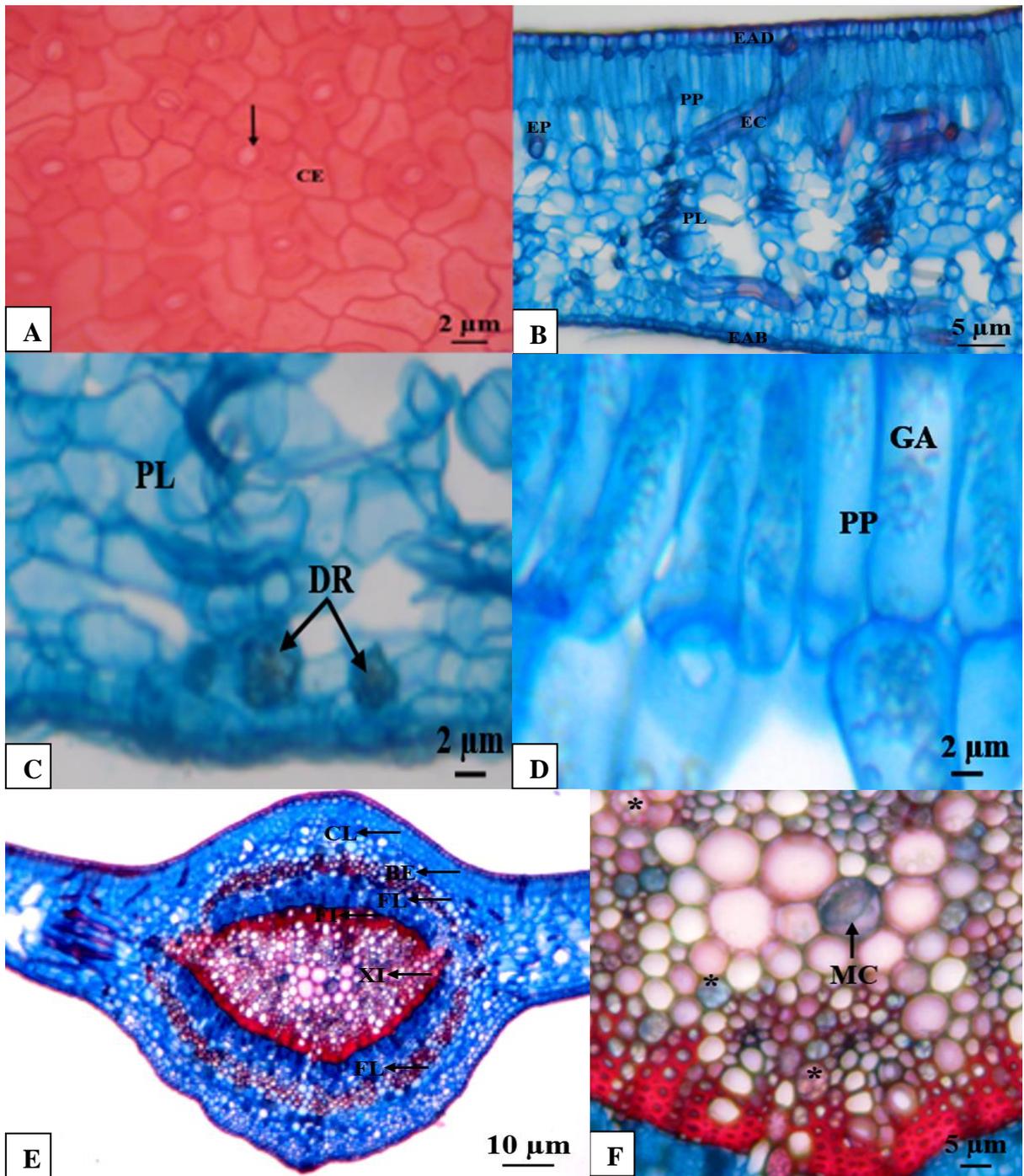


Figura 2 - Anatomia foliar de mudas de *Carapa procera* Candolle. A) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; B) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; C e D) Detalhe do mesófilo apontando drusas e grãos de amido, respectivamente; E) Nervura central e F) Detalhe do feixe vascular apontando monocristais prismáticos e grãos de amido. CE – Célula epidérmica, Seta – complexo estomático, EAD – epiderme adaxial, EAB – Epiderme abaxial, PP – Parênquima paliçádico, PL – Parênquima lacunoso, EC e EP – Esclereídes, DR – Drusas, GA – Grãos de amido, CL – Colênquima, BE – Bainha esclerenquimática, FL – Floema, FI – Fibras, XI – Xilema, MC – Monocristais prismáticos, Asterisco – Grãos de amido.

### 3 DISCUSSÃO

#### 3.1 Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de *Carapa procera* Candolle

A altura é o parâmetro mais utilizado para avaliar as respostas de crescimento de plantas à intensidade luminosa, visto que a capacidade em crescer rapidamente, quando sombreadas é um mecanismo de adaptação e valiosa estratégia para escapar do sombreamento (DUTRA et al., 2012).

As mudas de *C. procera* tiveram tendência de maior crescimento sob ambientes sombreados, mas somente sob 50% foi maior do que sob 0%. Esse resultado está coerente com o grupo ecológico de espécies intermediárias, ao que pertence a andiroba. No entanto, o crescimento em altura deve ser comparado ao do diâmetro para expressar equilíbrio de crescimento. Segundo Carneiro (1995), o crescimento em altura deve estar relacionado com o do diâmetro do colo, para expressar equilíbrio de crescimento da planta e poder determinar padrão de qualidade e ainda deve ser acompanhado por outros parâmetros morfológicos e fisiológicos.

Em mudas de *Simarouba amara*, aos 182 dias a altura também foi maior sob 50%, mas em relação ao 70% (AZEVEDO et al., 2010). Enquanto que em *Licaria canella* a altura não foi diferente em 0%, 30%, 50% e 70% de sombra (PINTO et al., 1993).

O diâmetro do colo não teve diferenças entre os sombreamentos e, ao serem calculados os valores da relação H/DC, os resultados foram semelhantes ao da altura, mas com os valores sob 30% e 50%, maiores somente do que sob 0%.

Considerando que “o crescimento em altura deve estar relacionado com o do diâmetro do colo, para expressar equilíbrio de crescimento da planta”, deve-se interpretar que a relação de crescimento da altura e diâmetro seja no mesmo sentido. Nesse trabalho, isso não ocorreu, o menor valor da H/DC sob 0% de sombra resultou da menor altura nesse tratamento, enquanto o diâmetro não teve diferenças entre os sombreamentos. Por outro lado, valores

elevados de H/D podem estar relacionados ao crescimento desordenado da parte aérea da planta (CÉSAR et al., 2014), entendendo-se que “o crescimento desordenado” seja da altura em relação ao diâmetro, modificando a relação H/D e o equilíbrio do crescimento.

Na espécie clímax *Copaifera langsdorffii*, submetidas aos mesmos sombreamentos de *C. procera* também não ocorreram diferenças no diâmetro (DUTRA et al., 2012). Em *S. amara*, sob 50% a relação H/D foi maior do que sob 30% (AZEVEDO et al., 2010).

A área foliar foi maior nos sombreamentos intermediários sob 30% e 50% do que sob 0%, sendo sob 30% também maior do que sob 70%. Estes resultados são característicos de espécie do grupo ecológico de intermediária como a andiroba. Essa característica torna-se mais evidente com o número de folhas sem diferenças entre os sombreamentos. A área foliar menor sob 0% e 70% em relação aos sombreamentos intermediários, principalmente sob 50%, mostra que nos sombreamentos extremos desse trabalho, houve redução da área foliar, mas mantendo o mesmo número de folhas, porém com folhas menores.

A maior área foliar sob 50% em relação ao sombreamento 70% também foi encontrada em mudas de *Simarouba amara* (AZEVEDO et al., 2010). Resultados semelhantes foram encontrados em *Swietenia macrophylla*, outra espécie intermediária, quando aos 45 dias e sob 50% de sombra, teve maior área foliar em relação a 35%, 20% e 0% de sombra (TEIXEIRA et al., 2013).

Os pesos das matérias secas da raiz, caule e total das mudas de *C. procera* tiveram diferenças entre sombreamentos. Mas na matéria seca da folha, a diferença ocorreu somente sob 50% que foi maior do que sob 30%.

A variação da participação das raízes e folhas no peso da matéria seca total, onde ocorreram as diferenças entre os sombreamentos 30% e 50% foi de forma inversa, resultando no peso da matéria seca total sem diferenças significativas. Sob 30%, quando o peso da matéria seca das folhas foi menor que sob 50% a participação era de 32% no peso total,

enquanto que o peso da matéria seca da raiz foi de 36%. Sob 50%, enquanto a participação das folhas foi de 37% as raízes participaram com 28%. A mesma tendência ocorreu em relação ao caule, indicando que a partição dos assimilados entre a parte aérea e radicular ocorreu de forma inversa.

Esses resultados refletem a afirmativa de que a maior matéria seca da parte aérea pode constituir reservatório temporário de assimilados, pois ao serem alocadas no caule, podem ser transcoladas, contribuindo para a elevação da matéria seca total (AFONSO et al., 2012).

No entanto, em *Licaria canella* a matéria seca das partes aérea e de raízes foram maiores sob 50% de sombra e diferente de 0% (PINTO et al., 1993) e em *Simarouba amara*, os sob 50% e 30% proporcionaram maior peso da matéria seca nas raízes, caule, folha e total em relação ao 70% (AZEVEDO et al., 2010). Em mudas de *Swietenia macrophylla*, sob 50% de sombra, teve os maiores pesos das matérias secas das raízes e folhas, em comparação ao 0% e sem diferença no peso da matéria seca do caule (TEIXEIRA et al., 2013).

Na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos no peso da matéria seca das folhas, não teve diferenças entre os sombreamentos em todos substratos com partículas de pau de balsa, mas quando cultivadas com o esterco ou com meia ou uma parte de partículas de pau de balsa e sob 30% de sombra teve maior peso da matéria seca das folhas.

Considerando o peso da matéria seca das folhas nesses substratos e a maior área foliar nos sombreamentos intermediários de 30% e 50% do que sob 0%, sendo sob 30% também maior do que sob 70% e os parâmetros de qualidade de mudas H/DC e o IQD, as mudas de andiroba devem ser produzidas com esterco ou com meia parte de partículas de pau de balsa e principalmente sob 30% de sombreamento.

Nos sombreamentos 30%, 50%, 70% e 0% o IQD não teve diferenças em mudas de *C. procera*, alcançando valores entre 3,32 a 2,62 e que quanto maior o valor, melhor será a

qualidade (GOMES et al., 2001), as mudas de *C. procera* aos 143 dias alcançara maior índice de qualidade sob 30% e 50%.

### **3.2 Efeitos dos sombreamentos no crescimento de mudas de *Carapa procera* Candolle**

Nos substratos com esterco e com meia parte de pau de balsa o crescimento em altura de mudas de *C. procera* foi maior do que com uma e duas partes. Carneiro (1995) recomenda que para avaliar a qualidade de mudas, a altura seja analisada combinada com outros parâmetros, como diâmetro de colo, peso da matéria seca e relação peso da matéria seca das raízes/peso da matéria seca da parte aérea. Neste experimento o diâmetro do colo não apresentou diferença entre substratos, evidenciando que a altura aumentou, mantendo os diâmetros sem diferenças significativas.

Considerando essas duas variáveis e de acordo com Gonçalves et al. (2000), mudas de espécies florestais com altura no intervalo de 20 a 35 cm e diâmetro entre 5 a 10 mm são classificadas de boa qualidade. Dessa forma, as mudas de *C. procera* aos 143 dias em viveiro estavam com boa qualidade, quando cultivadas principalmente sob 50% de sombra e nos substratos com esterco e com meia parte de pau de balsa.

A área foliar e número de folhas de *C. procera* foi maior no substrato com esterco, no entanto o número de folhas não teve diferença no com meia parte de pau de balsa, mas teve com área foliar menor, significando que nesse substratos as folhas ficaram menores.

Em mudas de *Calophyllum brasiliense*, espécie clímax, aos 120 dias em viveiro a maior área foliar ocorreu com adição de esterco bovino ao substrato e o número de folhas não apresentou diferença em relação ao substrato sem esterco (ARTUR et al., 2007). Nesse caso as folhas ficaram maiores no substrato com esterco.

A relação H/D é indicativo de qualidade de mudas quando os valores se encontram entre 5,4 a 8,1, segundo Carneiro (1995). No presente estudo, no substrato com esterco de galinha os valores estão nessa faixa, mas com meia parte de pau de balsa, com valor de 5,27

não teve diferença. Porém, Carneiro (1995) sugere que essa relação deve ser associada, entre outros parâmetros morfológicos e fisiológicos, à produção de matéria seca para que a qualidade de mudas seja determinada com maior segurança.

Em *C. procera*, os pesos secos do caule, folhas e total das mudas no substrato com esterco foram maiores do que com partículas de pau de balsa, exceto o peso da matéria seca das raízes que não teve diferença do substrato com meia parte de pau de balsa. As mudas de *C. procera* por possuírem sementes grandes, portanto com grande reserva nutritiva, favoreceu o desenvolvimento inicial de raízes e que, conforme Afonso et al. (2012), raízes com mais matéria seca tendem a apresentar maior número de ápices radiculares e mais eficiência na absorção e transporte de água e nutrientes, principalmente, na produção de fitohormônio, assim com mais possibilidades de absorverem inicialmente mais nutrientes no substrato com esterco curtido. Provavelmente, com mais tempo de avaliação, os substratos com mais partículas de pau de balsa tenham maior efeito no crescimento das mudas de *C. procera*.

Por outro lado, os pesos secos do caule e folhas também tenderam a diminuir com o aumento de partículas de pau de balsa no substrato, evidenciando que a alocação dos assimilados ocorreram em ordem preferencial para a raiz, caule e depois folhas.

Considerando o IQD sem diferença entre os substratos com esterco de galinha e com meia parte de partículas de pau de balsa. Os valores do IQD em *C. procera*, em todos os substratos e sombreamentos, foram superiores aos propostos por Hunt (1990) e Gomes et al. (2001). A sobrevivência foi de 100% sob 30% de sombra e no substrato com meia parte de partículas de pau de balsa e de 96% com esterco de galinha, a maior qualidade das mudas de *C. procera*, pode ser garantida, quando produzidas sob 30% de sombreamento e nos substratos com meia parte de pau de balsa ou com esterco de galinha, respectivamente, aos 143 dias em viveiro.

### 3.3 Efeitos dos substratos no crescimento de mudas de *Carapa procera* Candolle

À medida que aumentou o sombreamento, a densidade estomática diminuiu com o aumento de partículas de pau de balsa no substrato. Camargo e Marengo (2012) também encontraram maior densidade estomática em folhas de mudas de *Carapa guianensis* submetidas à alta irradiância. Segundo Gutschick (1999), os valores médios da densidade estomática podem ser determinados pelo microclima onde a folha se desenvolve e pela estrutura foliar (área foliar, organização do mesofilo e espessura da lâmina) de cada espécie.

As intensidades altas de luz podem aumentar a densidade estomática nas folhas, quando as condições ambientais prevalecem durante o desenvolvimento foliar até folhas maduras e, que a morfogênese estomática, é controlada pela genética, bem como fatores ambientais (SCHLUTER et al., 2003).

Nas árvores amazônicas, a grande variação na densidade estomática entre as espécies, indica que a constituição genética desempenha papel importante, embora fatores ambientais de alguma forma relacionados com a altura da árvore (por exemplo, a intensidade da luz, umidade do ar ou a qualidade da luz), também influenciam na densidade dos estômatos nas folhas (CAMARGO e MARENCO, 2011).

O índice estomático nos substratos com uma e duas partes de pau de balsa e, sob todos os sombreamentos foi semelhante à densidade estomática, evidenciando que nessas condições os tamanhos dos estômatos e das células epidérmicas não se modificaram significativamente.

No entanto, no substrato com esterco de galinha que não teve diferenças no índice estomático em todos os sombreamentos, mas foi maior na densidade e sob 50%, evidencia que houve aumento da proporção do número de estômatos em relação ao número de células epidérmicas, tendo nesse tratamento estômatos com diâmetros equatorial e polar menores. Enquanto que com meia parte de pau de balsa e sob 30% houve redução proporcionalmente menor número de estômatos, uma vez que o índice estomático nesse tratamento não teve

diferenças dos outros sombreamentos e os tamanhos dos diâmetros equatorial e polar foram maiores.

Em *Minuartia guianensis* a maior densidade estomática e o menor tamanho dos estômatos ocorreram em folhas submetidas à alta irradiância (MAGALHÃES et al., 2009) e em *Carapa guianensis* (CAMARGO e MARENCO, 2012). Os estômatos pequenos provavelmente proporcionam uso mais eficiente da água, uma vez que podem abrir e fechar mais rapidamente que estômatos maiores (HETHERINGTON e WOODWARD, 2003).

A espessura foliar, conforme Aragão et al. (2014), está associada ao aumento da espessura dos tecidos do mesofilo e, em *C. guianensis*, ocorreu uma segunda camada de parênquima paliçádico sob 0% e 30% de sombra. Neste estudo, com *C. procera*, foi observada também a segunda camada de paliçádico em todos os sombreamentos.

Nas folhas de *C. procera*, a espessura do limbo, parênquima paliçádico, lacunoso e mesofilo variaram, apresentando plasticidade anatômica. Em *C. guianensis* a lâmina e mesofilo foliar foram mais espessos sob 0% de sombra e, a espessura do paliçádico, foi maior sob 0% e 30%. O esponjoso foi maior em 0% e diferentes dos demais sombreamentos (ARAGÃO et al., 2014).

## CONCLUSÕES

As mudas de *Carapa procera* Candolle, no período de 143 dias em viveiro, obtiveram os melhores índices de qualidade indicados para espécies florestais e com maiores valores biométrico, quando cultivadas sob 30% de sombreamento, com o substrato constituído por três partes de terra argilosa, uma de areia e meia parte de partículas de pau de balsa (3:1:½ PB) enriquecidas com macro e micronutrientes e com 100% de sobrevivência, podendo substituir o esterco de galinha, comumente usado em substratos na região amazônica.

As folhas de *Carapa procera* Candolle são hipostomáticas e com estômatos do tipo anomocíticos e a epiderme unisseriada com células tabulares a arredondadas e de tamanhos diferentes em ambas as faces. O mesofilo dorsiventral, com parênquima paliçádico composto por células longas, justapostas e geralmente uniestratificadas, podendo desenvolver segunda camada com esclereides e idioplastos, contendo monocristais prismáticos, drusas e grãos de amido. A espessura do mesofilo está composta por mais parênquima paliçádico do que lacunoso, sob o substrato com meia parte de pau de balsa. Na nervura central, o feixe vascular é colateral.

Todos os elementos da anatomia foliar estudadas no trabalho, exceção do diâmetro polar, sob 30% de sombreamento não tiveram diferenças nos efeitos dos substratos, contribuindo para a caracterização da espécie no grupo ecológico intermediário de espécies florestais amazônicas.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, M.V.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1019-1026, 2012.

ARAGÃO, D.S.; LUNZ, A.M.P.; OLIVEIRA, L.C.; RAPOSO, A.; JUNIOR, P.C.P.F. Efeito do sombreamento na anatomia foliar de plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. **Revista Árvore**, v.38, n.4, p.631-639, 2014.

ARMSTRONG, L. Morpho-anatomy of the leaf and stem of *Eugenia pyriformis*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, n. 22(3), p.475-481, 2012.

ARTUR, A.G.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; BARRETTO, V.C.M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.843-850, 2007.

AZEVEDO, I.M.G.; ALENCAR, R.M.; BARBOSA, A.P.; ALMEIDA, N.O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Revista Acta Amazonica**, v. 40, p. 157 – 164, 2010.

BARBOSA, A.P.; PINTO, A.M.; RIBEIRO, R.J. **Calendário de floração e frutificação de espécies madeireiras da Região Amazônica**. MCT-INPA/JICA – Projeto JACARANDA, Projeto de Reflorestamento de Áreas Degradadas. 2001.

CAMARGO, M.A.B. e MARENCO, R.A. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, vol. 41, n.2, p. 205 – 212, 2011.

CAMARGO, M.A.B. e MARENCO, R.A. Growth, leaf and stomatal traits of Crabwood (*Carapa guianensis* Aubl.) in Central Amazon. **Revista Árvore**, v.36, n.1, p.07-16, 2012.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. **Curitiba: Universidade Federal do Paraná**, 451 pp, 1995.

CARVALHO, J. O. P. Classificação em grupos ecológicos das espécies mais importantes em uma área de terra firme da Floresta Nacional do Tapajós. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Comunicado Técnico**, n. 4, 14 p., 2000.

CÉSAR, F.R.C.F.; MATSUMOTO, S.N.; VIANA, A.E.S.; BONFIM, J. A. Crescimento inicial e qualidade de mudas de *Pterogyne nitens* tull. conduzidas sob diferentes níveis de restrição luminosa artificial. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 357-366, 2014.

CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico. 1.ed. Manaus, 409p, 2000.

CUTTER, E. G. **Plant anatomy: cells and tissues. Part I**. London: William Clowes and Sons, 315 p, 1978.

DUTRA, T.R.; GRAZZIOTTI, P.H.; SANTANA, R.C.; MASSAD, M.D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

FERRAZ, I.D.K. Andirobinha Carapa procera D.C. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, nº 2, 2p, 2004.

FERRAZ, I.D.K. Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.). **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**, nº 1, 2p, 2003.

FERRAZ, I.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMAPAIO, P.T.B. sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* aubl. e *Carapa procera* D. C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta amazônica**, v. 32, n.4, p. 647-661, 2002.

FERREIRA, M.J.; GONÇALVES, J.F.C.; FERRAZ, J.B.S. Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia. **Photosynthetica**, v.47, n.4, p.616-620, 2009.

FINEGAN, B. **El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas**. Turrialba: CATIE. 29 p., 1992.

FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E. FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

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

GONÇALVES, D.A.; SCHWARTZ, G.; POKORNY.; B.; ELDIK, T.V. O uso da classificação de copa de Dawkins como indicador do comportamento ecológico de espécies arbóreas tropicais. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2010.

GUTSCHICK, V.P. Research reviews Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. **New Phytologist**, v. 143, p. 3-18, 1999.

HETHERINGTON, A.M.; WOODWARD, F.I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, v.424, p.901-908, 2003.

HUNT, G.A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: **Target Seedling Symposium**, Meeting of the Western Forest Nursery Associations, General Technical Report rm-200, 1990, Roseburg. Proceedings... Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, p.218-222, 1990.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. e ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA, Manaus, AM, Brasil. 187p, 1979.

MAGALHÃES, N.S.; MARENCO, R.A.; MENDES, K.R. Aclimação de mudas de acariquara à alta irradiância. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v.44, n.7, p.687-694, 2009.

MOREIRA, N.S.; NASCIMENTO, L.B.S.; LEAL-COSTA, M.V.; TAVARES, E.S. Comparative anatomy of leaves of *Kalanchoe pinnata* and *K. crenata* in sun and shade conditions, as a support for their identification. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, n. 22, p. 929-936, 2012.

PENNINGTON, T.D.; STULES, B.T.; TAYLOR, D.A.H. Meliaceae. **Flora Neotropica**, v. 28, p. 406-419, 1981.

PINTO, A.M.; VARELA, V.P.; BATALHA, L.F.P. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de louro pirarucu (*Licaria canella* (Meissn.) Kosterm.). **Acta Amazonica**, v. 23, n. 4, p. 397-402, 1993.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 179-194, 2006.

SCHLUTER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosyntetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.

TEIXEIRA, W.F.; FAGAN, E.B.; SILVA, J.O.; SILVA, P.G.; SILVA, F.H.; SOUSA, M.C.; CANEDO, S.C. Atividade da Enzima Nitrato Redutase e Crescimento de *Swietenia macrophylla* King sob Efeito de Sombreamento. **Floresta e Ambiente**, V. 20, n. 1, p. 91-98, 2013.

TONINI, H.; JUNIOR, M.M.C.O.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no Estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008.

WILKINSON, H.P. **The plant surface (mainly leaf)**. Part I: stomata. *In: METCALFE, C.R.; CHALK, L.* Anatomy of the Dicotyledons – systematic anatomy of the leaf and stem. 2.ed. London: Oxford University Press, v. 1, p. 97-117, 1979.

CAPÍTULO III

**CRESCIMENTO E MORFOANATOMIA FOLIAR DE MUDAS DE *JACARANDA*  
*COPAIA* (AUBL.) D. DON, BIGNONIACEAE CULTIVADAS EM VIVEIRO, EM  
DIFERENTES SUBSTRATOS E NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

## RESUMO

A espécie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, Bignoniaceae, conhecida como parapará ou caroba, tem propriedades medicinais e excelente resposta em plantios em plena abertura. A luminosidade e substrato são fatores que afetam o crescimento e qualidade de mudas, enquanto que a anatomia foliar possibilita melhor entendimento das adaptações ao ambiente. As partículas da madeira de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban), enriquecidas com macro e micronutrientes, foram usadas para desenvolver tecnologia, com qualidade e sustentabilidade. O experimento foi instalado no viveiro da EEST/INPA em Manaus, Am com os substratos compostos com terra argilosa, areia e esterco de galinha (3:1:½EG) e com partículas de pau de balsa substituindo o esterco (3:1:½PB; 3:1:1PB e 3:1:2PB) e sombreamentos 0%, 30%, 50% e 70%. O delineamento utilizado foi o DIC, aos 115, 220 e 311 dias e, as análises, em fatorial (4 x 4) através da ANOVA e as médias pelo teste Tukey a 5% de variáveis de crescimento, sobrevivência e de qualidade. A caracterização anatômica foi feita em 5 folhas maduras/tratamento. Os cortes transversais e paradérmicos e as lâminas seguiram as técnicas do LABAF/UFAM e as estruturas foliares identificadas em microscópio óptico Primo Star (Zeiss), com imagens aferidas pelo programa Zen Lite 2012. As mudas de *J. copaia* devem ser produzidas com qualidade, sob 0% de sombra em substratos com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e duas partes de partículas de pau de balsa enriquecidas com macro e micronutrientes ou sob 30% de sombra com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e meia parte de partículas de esterco de galinha curtido e com sobrevivência de 82% a 96% aos 220 dias. As folhas ficaram mais finas, por terem menores espessuras do limbo, parênquimas paliçádico e lacunoso e mesófilo, expressando plasticidade na anatomia foliar.

PALAVRAS-CHAVE: Viveiro, Crescimento de plantas, Anatomia vegetal e Tecnologia alternativa

## ABSTRACT

The species *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, Bignoniaceae, known mainly as parapará e caroba, has medicinal properties and excellent response in plantings in full openness. The luminosity and substrate are factors that affect the growth and quality of seedlings, while the leaf anatomy enables better understanding of adaptations to the environment. The use of wood particles of pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (CAV. ex Lamb.) Urban), enriched with macro and micronutrients was to develop technology, with quality and sustainability. The experiment was installed in the nursery of EEST/INPA in Manaus, Am, with the compound substrates with clay soil, sand and chicken manure (3:1: ½ EG) and with wooden particles of ferry replacing the manure (3:1: ½ PB; 3:1: 3:1 and 1PB: 2PB) and 0% shaders, 30%, 50% and 70%. The experimental design used was the DIC, at 115, 220 and 311 days and the analyses, in factorial (4 x 4) through ANOVA and averages by Tukey test at 5% on growth, survival and variables of quality. The anatomical characterization was made with 5 mature leaves/treatment. The cross sections and paradermics and blades, followed LABAF techniques/UFAM and, leaf structures identified in an optical microscope Primo Star (Zeiss), with images taken by Zen Lite 2012 program. *J. copaia* seedlings must be produced with quality, under 0% shade on substrates with three pieces of clay land, a part of sand and two pieces of balsa stick particles enriched with macro and micronutrients or under 30% shade with three pieces of clay land, a part of sand and half of chicken manure and tanned, with 82% survival to 96% at 220 days. The leaves were thinner, for smaller thicknesses of the palisade and spongy parenchyma, and mesophyll, expressing plasticity in leaf anatomy.

**KEYWORDS:** Nursery, Plant growth, Plant anatomy and Alternative technology

## INTRODUÇÃO

A espécie *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, Bignoniaceae popularmente conhecida como parapará, caroba manacá e salsa caroba, ocorre em toda Amazônia e habita matas e capoeiras velhas de terra firme (LOUREIRO et al., 1979), floresce de agosto a novembro e frutifica de setembro a dezembro (BARBOSA et al. (2001)

A madeira é leve, fácil de trabalhar, empregada na fabricação de brinquedos, marcenaria, papel, balsas e trabalhos de interior. Além do aproveitamento da madeira, a espécie possui propriedades medicinais na casca e apresenta excelente resposta em plantios sob plena-abertura (LOUREIRO et al., 1979).

O chá feito da casca e das folhas é usado no combate às infecções urinárias, contra sífilis e úlceras e, na raiz, contém um alcaloide, a carobina, utilizado no tratamento contra leishmaniose (CLAY, 2000).

Segundo Barbosa et al. (2002) a caroba é uma árvore grande, de crescimento rápido com flores azul-violáceas. Em plantio para recuperação de áreas degradadas pela agricultura, na Amazônia Central, apresentou sobrevivência de 90% após o primeiro ano de plantio.

Entretanto, para se produzir mudas de espécies florestais com qualidade e garantir o sucesso do plantio, é necessário conhecer o comportamento, desenvolvimento inicial, absorção e eficiência no uso de nutrientes, em função de diferentes intensidades luminosas (REIS et al., 2015). Desta forma, a disponibilidade de luz e substrato são fatores que podem afetar a qualidade de mudas em fase de viveiro.

O sombreamento com telas sombrite, graduadas pelo fabricante em 30%, 50% e 70% de sombra tem sido utilizado em alguns estudos recentes para testar as condições de iluminação no crescimento e qualidade de mudas em viveiro (AZEVEDO et al., 2010; LOPES et al., 2015; REIS et al., 2015; REIS et al., 2016).

Diversas variáveis podem ser utilizadas para avaliar o crescimento das plantas em diferentes condições ambientais, como a altura, diâmetro do colo, área foliar, pesos secos das folhas, caule, raízes e total.

A altura usada isoladamente foi, por muito tempo, o único parâmetro para avaliação da qualidade de mudas, no entanto, Carneiro (1995) recomenda que os valores desta variável sejam combinados com outros parâmetros, como o diâmetro de colo, peso da matéria seca, relação peso da matéria seca das raízes/peso da matéria seca da parte aérea, etc., além da relação altura/diâmetro e Índice de Qualidade de Dickson.

Segundo Rosa et al. (2009) o Índice de Qualidade de Dickson tem sido utilizado em vários estudos que tratam de parâmetros morfológicos relacionados à qualidade de mudas, pois conjuga no cálculo, mais de um parâmetro morfológico como altura, diâmetro do coleto e o peso de matéria seca.

As mudas quando instaladas no campo, estão na fase crucial do ponto de vista de competição por espaço e do rápido crescimento das partes aéreas e subterrâneas, sendo decisiva para o estabelecimento do indivíduo. É nessa fase que se manifestam as características plásticas e, sobretudo, as estratégias adaptativas em relação às condições do habitat (SULTAN, 2003).

Conforme Dousseau et al. (2007), a maior ou menor plasticidade adaptativa das espécies, às diferentes condições de radiação solar, depende do ajuste do aparelho fotossintético, para garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento.

Por outro lado, alterações na estrutura interna foliar, constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimação das espécies expostas às diferentes condições do ambiente (LIMA JUNIOR. et al., 2006)

Segundo Sims et al. (1998) e Schluter et al. (2003), as folhas de árvores crescendo num ambiente de sombra apresentam modificações nas características fotossintéticas, bioquímicas, organização de células do mesófilo e frequência estomática, quando comparadas com folhas crescendo em ambiente de maior irradiância.

Em viveiros, os substratos em diversas composições, têm sido testados atualmente para a propagação de espécies florestais via seminal ou vegetativa, e com ênfase às diferentes combinações que influenciam no desenvolvimento das mudas (DUTRA et al., 2012).

Neste trabalho, partículas de madeira de pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban - Malvaceae) foram adicionadas nos substratos para substituir o esterco de galinha na composição dos substratos e analisar o crescimento, a qualidade e as características da morfoanatomia foliar das mudas de *Jacaranda copaia* em viveiro sob diferentes sombreamentos.

## 1 MATERIAL E MÉTODOS

### 1.1 Crescimento, qualidade e sobrevivência das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D.

#### Don

O experimento foi instalado no viveiro florestal da Estação Experimental de Silvicultura Tropical (EEST) do INPA, Manaus, Amazonas, situada na rodovia BR-174, km 43. Os frutos foram coletados de matrizes da EEST, beneficiados e o semeio feito em areia lavada na profundidade de 1 cm. A repicagem foi feita em sacolas plásticas (28x16 cm) com a primeira folha desenvolvida e raízes sem defeito e podadas a 3 cm do coleto.

Foram testados 4 substratos. O primeiro composto por 3 partes de terra argilosa (horizonte B), 1 parte de areia e meia parte de esterco de galinha (EG) curtido, seco e pulverizado (3:1:½ EG). Nos outros substratos, o esterco de galinha foi substituído por partículas de pau de balsa (PB) nas proporções 3:1:½ PB; 3:1:1PB e 3:1:2PB. As partículas de pau de balsa foram obtidas pela trituração da madeira de troncos e galhos de árvores plantadas, em triturador com peneira de 15 mm. As partículas foram secas ao sol e imersas em solução nutritiva, revolvidas diariamente por 3 meses e novamente secas sob sombra, por 30 dias sob galpão. A solução nutritiva foi composta por macronutrientes (N<sub>2</sub>: 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 14% e K<sub>2</sub>O: 8%, Ca: 20,6%, S: 3,2%) e micronutrientes (B: 0,160%, Cu: 0,280%, Mn: 0,320% e Zn: 0,200%), com diluição de 3 kg do adubo mineral/1000 L de água.

Após a repicagem, as mudas ficaram sob galpão por 30 dias e irrigadas por aspersão duas vezes ao dia. No viveiro, foram colocadas em canteiros cobertos por cima e nas laterais com telas de poliolefina pretas (sombrite) graduadas em 30%, 50% e 70% de sombreamento. No tratamento 0% de sombreamento, o canteiro não recebeu sombrite. Cada parcela do experimento foi composta por 25 mudas (5 filas de 5 mudas) e em cada avaliação foram retiradas 5 mudas (repetições) ao acaso e as restantes re-arrumadas, mantendo a bordadura simples. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente ao acaso e os dados analisados

em esquema fatorial (4 x 4), através da análise de variância (ANOVA) e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As mudas foram avaliadas aos 115, 220 e 311 dias após repicagem, com as medições da altura total (HT), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), pesos da matéria seca de raiz (PSR), caule (PSC), folhas (PSF) e total (PST). A qualidade, através do Índice de Qualidade de Dickson e da relação HT/DC. A sobrevivência foi calculada em cada período de avaliação com base no número de mudas no início e no final do experimento.

## **1.2 Análises física e química dos substratos**

Conforme descrito no item 1 “MATERIAL E MÉTODOS”, subitem 1.2 do capítulo I.

## **1.3 Caracterização anatômica das folhas de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don**

A caracterização da anatomia foliar foi feita no final do experimento com cinco folhas maduras coletadas por tratamento e a partir do quarto nó, conforme Moreira et al. (2012) e Armstrong et al. (2012).

As folhas, por tratamento, foram colocadas em sacos de papel devidamente identificados, levados para o Laboratório de Botânica Agroflorestral da Universidade Federal do Amazonas– LABAF/UFAM e fixadas em FAA 70 (formaldeído, ácido acético glacial e álcool etílico 70%) e conservadas em álcool etílico 70%.

Os cortes foram feitos na região mediana do limbo, seccionados transversalmente em micrótomo de mesa equipado com lâmina de barbear (5 a 10 mm de espessura) e obtidos fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> da lâmina foliar entre nervura central e bordo para aquisição das epidermes.

Das secções transversais foram preparadas lâminas semipermanentes, com as secções coradas em Azul de Toluidina pH 4,0 e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

Os fragmentos de 1 cm<sup>2</sup> foram dissociados em solução de peróxido de hidrogênio 30% e ácido acético glacial PA, permanecendo em estufa graduada em 45°C pelo período de 1 (um) dia e em seguida foram coradas com solução de safranina 1%, e montadas com gelatina glicerinada entre lâmina e lamínula.

As estruturas da folha foram observadas em microscópio óptico Primo Star (Zeiss) com câmara digital conectada e as imagens aferidas no programa Zen Lite 2012, com medição da espessura do limbo, parênquima paliçádico e lacunoso, diâmetro equatorial e polar das células guardas. Também foi determinado o tipo estomático, segundo classificação de Wilkinson (1979) e calculado densidade estomática em mm<sup>2</sup> ( $C_1/\text{área total}$ ) e Índice Estomático % ( $C_1 \times 100 / (C_1 + C_2)$ ), em que  $C_1$  = estômatos e  $C_2$  = células epidérmicas (CUTTER, 1978).

## **2 RESULTADOS**

### **2.1 Efeitos dos sombreamentos e substratos no crescimento de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don**

O crescimento em altura das mudas de *J. copaia*, teve diferenças ( $p < 0,01$ ) pela interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos em todos os períodos de avaliação (Tabela 29).

Tabela 29 – Altura (cm) das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
115	0	11,12 b A	12,60 a A	12,90 a A	13,28 b A
	30	18,50 a A	12,56 a B	13,84 a AB	13,40 b AB
	50	13,60 ab AB	13,12 a B	14,46 a AB	18,86 a A
	70	16,22 ab AB	11,72 a B	15,34 a AB	20,42 a A
220	0	17,82 b B	15,34 a B	21,10 a AB	28,22 a A
	30	36,78 a A	17,98 a B	23,20 a B	23,32 a B
	50	18,90 b A	19,00 a A	21,50 a A	26,48 a A
	70	25,30 b A	22,66 a A	25,72 a A	32,06 a A
311	0	20,30 b B	19,76 a B	21,22 a AB	29,36 a A
	30	36,96 a A	23,70 a B	25,64 a B	30,80 a AB
	50	13,02 b C	20,10 a BC	22,82 a AB	29,46 a A
	70	20,56 b B	21,82 a B	21,16 a B	31,38 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Esses resultados mostram que a altura mais aumentou entre 115 a 220 dias, quando sob 30%, ocorreu maior altura no substrato com esterco de galinha, seguido do com 70% de sombra e no substrato com duas partes de pau de balsa, embora sem diferenças dos outros sombreamentos e substratos. Esses resultados se mantiveram aos 311 dias (Tabela 29).

No diâmetro do colo ocorreram diferenças ( $p < 0,01$ ) na interação entre os substratos e os sombreamentos aos 115 e 220 dias e, aos 311 dias, na interação ( $p < 0,01$ ).

Aos 115 dias o maior diâmetro foi sob 70% de sombra do que sob 50% ( $1,72 \pm 0,11$  mm), sendo estes não diferentes de 0% e 30%. Entre os substratos, o com duas partes de pau

de balsa ( $2,52 \pm 0,19$  mm) foi maior do que com meia e uma parte e não diferente do com esterco, que também não foi diferente do substrato com uma parte de pau de balsa.

Enquanto que aos 220 dias sob 0% ( $4,24 \pm 0,27$  mm) e 30% ( $4,07 \pm 0,24$  mm) o diâmetro do colo não teve diferença, foi maior do que sob 50% ( $3,28 \pm 0,18$  mm) e não diferente do 70% ( $3,74 \pm 0,24$  mm). Com esterco e com duas partes de pau de balsa ( $4,41 \pm 0,22$  mm) não teve diferença, mas foi maior do que com meia ( $3,09 \pm 0,17$  mm) e uma parte de pau de balsa ( $3,48 \pm 0,18$  mm).

Na interação, o diâmetro do colo, aos 311 dias, e sob 0% de sombra, foi maior no com duas partes de pau de balsa do que nos outros substratos, no entanto no com esterco também foi maior do que no com meia parte de pau de balsa, sendo estes não diferentes do com uma parte. Sob 30%, no com esterco foi maior do que nos outros substratos, mas no com duas partes foi maior do que com meia e uma parte de pau de balsa (Tabela 30).

Tabela 30 – Diâmetro do colo (mm) das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 311 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	4,65 b B	2,80 a C	3,71 a BC	6,08 a A
30	6,90 a A	3,63 a C	3,43 a C	4,93 ab B
50	2,45 c B	3,49 a AB	3,12 a AB	3,83 b A
70	4,73 b AB	3,33 a C	3,58 a BC	5,08 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Esses dados mostram que os maiores diâmetros ocorreram sob 0% e 70% no substrato com duas partes de pau de balsa e, também sob 30% de sombra no substrato com esterco de galinha (Tabela 30).

Na área foliar ocorreu interação entre os efeitos dos substratos e dos sombreamentos em todos os períodos de avaliação (Tabela 31).

Aos 115 dias, sob 0%, 30% e 50% de sombra não tiveram diferenças entre os substratos, mas sob 70% e com duas partes de pau de balsa, a área foliar foi maior do que nos outros substratos e que nos outros sombreamentos (Tabela 31). Esses resultados mostram que a maior área foliar ocorreu sob 70% e no substrato com duas partes de pau de balsa (Tabela 31).

Aos 220 dias, sob 0%, 50% e 70% de sombra não ocorreram diferenças entre os substratos, mas sob 30% e com esterco a área foliar foi maior do que no com meia e duas partes de pau de balsa, sendo o com uma parte sem diferença dos demais (Tabela 31). Esses resultados mostram que as maiores áreas ocorreram sob 0% de sombra no substrato com duas partes de pau de balsa e sob 30% de sombra, no substrato com esterco de galinha (Tabela 31).

Tabela 31 – Área foliar ( $\text{dm}^2$ ) das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
115	0	0,72 a A	0,22 a A	0,31 a A	0,77 b A
	30	1,54 a A	0,51 a A	0,44 a A	1,01 b A
	50	0,44 a A	0,43 a A	0,18 a A	0,65 b A
	70	0,98 a B	0,53 aB	1,06 a B	2,57 a A
220	0	3,17 b A	3,52 aA	4,10 a A	5,59 a A
	30	6,60 a A	3,71 aB	3,95 a AB	1,90 b B
	50	1,99 b A	2,72 a A	3,05 a A	2,62 b A
	70	4,43 ab A	4,16 a A	4,96 a A	4,17 ab A
311	0	2,11 b A	1,94 b A	3,77 a A	3,04 a A
	30	5,38 a AB	6,52 a A	3,71 a AB	2,43 a B
	50	3,74 ab AB	6,14 a A	4,84 a AB	2,77 a B
	70	6,66 a A	4,87 ab AB	2,85 a B	2,81 a B

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

Aos 311 dias, sob 0% não teve diferenças entre os substratos. Sob 30% e 50% e no substrato com meia parte de pau de balsa, foi maior do que com duas partes e, estes sem diferenças dos outros substratos. Sob 70% e no substrato com esterco, foi somente maior do que os com uma e duas partes de pau de balsa. Esses resultados mostram que as maiores áreas foliares ocorreram sob 30% e 50% e no substrato com meia parte de pau de balsa, assim como sob 70% no substrato com esterco de galinha (Tabela 31).

No número de folhas, ocorreram diferenças aos 115 dias somente entre os sombreamentos ( $p < 0,01$ ) e, aos 220 dias, entre os sombreamentos e entre os substratos ( $0,01 \leq p < 0,05$ ). Mas, aos 311 dias ocorreu interação ( $p < 0,01$ ) dos efeitos dos sombreamentos e substratos (Tabela 32).

Aos 115 dias o número de folhas sob 70% de sombra ( $11,30 \pm 0,74$ ) foi maior do que sob 50% ( $7,00 \pm 0,83$ ) e 0% ( $8,60 \pm 0,49$ ) e sem diferenças entre si. Entre os substratos, o número médio de folhas foi  $9,42 \pm 0,38$  e sem diferenças.

Aos 220 dias não ocorreram diferenças do número de folhas entre os sombreamentos e entre os substratos, alcançando em média  $11,58 \pm 0,37$ .

Aos 311 dias, ocorreu interação dos efeitos dos sombreamentos e dos substratos no número de folhas (Tabela 32).

Sob 0% de sombra e no substrato com uma parte de pau de balsa, o número de folhas foi maior do que no esterco de galinha e com meia parte de pau de balsa, mas sem diferença do com duas partes. Sob 30% e com meia parte de pau de balsa, foi somente maior do que com duas partes de pau de balsa. Sob 50%, não ocorreram diferenças entre os substratos, mas sob 70%, o com esterco foi somente maior do que com uma parte de pau de balsa (Tabela 32).

Os maiores números de folhas ocorreram sob 0% no substrato com uma parte de pau de balsa. Sob 30% e 50% no substrato com meia parte de pau de balsa e, sob 70% no substrato com esterco de galinha (Tabela 32).

Tabela 32 – Número de folhas das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro.

Sombra (%)	Substratos			
	3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
0	6,40 b B	6,40 b B	13,60 a A	8,00 a AB
30	11,40 ab AB	14,40 a A	8,40 a AB	7,80 a B
50	10,20 ab A	13,00 a A	10,40 a A	8,40 a A
70	13,80 a A	11,40 ab AB	7,40 a B	7,80 a AB

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

A relação H/DC em mudas de *J. copaia* aos 115 dias teve diferenças nos efeitos dos sombreamentos e substratos ( $p < 0,01$ ). Aos 220 dias, apenas nos sombreamentos ( $p < 0,01$ ) e, aos 311 dias, em ambos ( $p < 0,01$ ), mas sem interação (Tabela 33).

Tabela 33 – Relação altura/diâmetro do colo (H/DC) das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	H/DC	Substratos	H/DC
115	0	6,71 b	3:1:½ EG	7,07 ab
	30	7,31 b	3:1:½ PB	8,08 a
	50	8,90 a	3:1:1 PB	8,23 a
	70	7,28 b	3:1:2 PB	6,83 b
220	0	4,95 b	3:1:½ EG	5,67 a
	30	6,28 a	3:1:½ PB	6,30 a
	50	6,67 a	3:1:1 PB	6,77 a
	70	7,23 a	3:1:2 PB	6,39 a
311	0	5,47 b	3:1:½ EG	4,91 b
	30	6,45 ab	3:1:½ PB	6,66 a
	50	6,70 a	3:1:1 PB	6,62 a
	70	5,81 ab	3:1:2 PB	6,24 a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

Os menores valores (maior qualidade) foram mantidos no final do experimento, principalmente, no sombreamento sob 0% e no substrato com esterco de galinha (Tabela 33).

O peso da matéria seca das raízes aos 115 dias teve diferenças entre os substratos ( $p < 0,01$ ) e aos 220 e 311 dias, da interação entre os sombreamento e substratos ( $p < 0,01$ ).

Aos 115 dias, o peso da matéria seca das raízes, nos diferentes sombreamentos não apresentaram diferenças, com valor médio de  $0,34 \pm 0,03$  g. Entre os substratos, no com duas partes de pau de balsa ( $0,63 \pm 0,07$  g) foi maior que nos demais e com valor médio de  $0,24 \pm 0,04$  g. Estes resultados e os da Tabela 34 mostram que os maiores valores da matéria seca ocorreram no substrato com duas partes de pau de balsa sob 0% e no esterco de galinha sob 30% de sombra, aos 220 e 311 dias.

Tabela 34 – Matéria seca das raízes de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos aos 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
220	0	1,25 b B	1,08 a B	1,34 a B	2,84 a A
	30	2,79 a A	0,93 a B	1,02 a B	1,74 b B
	50	0,71 b A	0,60 a A	0,63 a A	1,30 b A
	70	1,29 b AB	0,71 a B	1,00 a AB	1,79 b A
311	0	1,44 b B	0,76 a B	1,30 a B	3,85 a A
	30	4,41 a A	1,26 a C	0,93 a C	2,71 ab B
	50	0,39 b B	0,94 a AB	0,93 a AB	1,89 b A
	70	1,53 b A	0,98 a A	1,03 a A	2,03 b A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O peso da matéria seca do caule aos 115 dias teve diferenças somente nos efeitos dos substratos ( $p < 0,01$ ) e, na interação aos 220 ( $0,01 \leq p < 0,05$ ) e aos 311 ( $p < 0,01$ ).

Aos 115 dias, no substrato com duas partes de pau de balsa ( $0,32\pm 0,04$  g) foi maior do que com uma ( $0,16\pm 0,01$  g) e meia parte ( $0,14\pm 0,01$  g). O valor médio da matéria seca do caule, foi de  $0,22\pm 0,02$  g.

A interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos mostram que, aos 220 e 311 dias, os maiores valores ocorreram sob 0% e no substrato com duas partes de pau de balsa e sob 30% com esterco de galinha (Tabela 35). Resultados semelhantes ao da matéria de seca das raízes (Tabela 34).

Tabela 35 – Matéria seca do caule de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
220	0	0,74 b B	0,40 a B	0,63 a B	1,59 a A
	30	1,71 a A	0,48 a B	0,63 a B	0,97 ab B
	50	0,50 b A	0,41 a A	0,41 a A	0,73 b A
	70	1,04 ab A	0,44 a A	0,74 a A	1,05 ab A
311	0	1,15 b B	0,52 a B	0,73 a B	2,52 a A
	30	3,38 a A	0,63 a C	0,69 a BC	1,60 ab B
	50	0,29 b A	0,58 a A	0,51 a A	0,90 b A
	70	1,10 b AB	0,66 a B	0,64 a B	1,65 ab A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

Na matéria seca das folhas, aos 115 dias ocorreram diferenças nos sombreamentos e substratos. No sombreamento 70% ( $0,39\pm 0,09$  g) foi maior do que sob 50% ( $0,14\pm 0,03$  g). Entre os substratos, no com duas partes de pau de balsa ( $0,47\pm 0,08$  g) foi maior do que nos com uma ( $0,15\pm 0,03$  g) e meia parte de pau de balsa ( $0,14\pm 0,02$  g).

Aos 220 e 311 dias houve interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos (Tabela 36).

De forma semelhante aos das matérias seca das raízes e do caule, os maiores valores da matéria seca das folhas ocorreram no substrato com duas partes de pau de balsa sob 0% e no esterco de galinha sob 30% de sombra, aos 220 e 311 dias (Tabela 36).

Tabela 36 – Valores da matéria seca das folhas de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
220	0	1,38 b B	0,99 a B	1,42 a B	3,14 a A
	30	3,06 a A	0,76 a B	0,95 a B	1,53 b AB
	50	0,99 b A	0,67 a A	0,60 a A	1,02 b A
	70	2,01 ab A	0,81 a A	1,45 a A	1,44 b A
311	0	1,15 bc AB	0,69 a B	0,87 a AB	1,79 a A
	30	3,72 a A	0,84 a B	0,54 a B	1,05 a B
	50	0,43 c A	0,88 a A	0,67 a A	1,01 a A
	70	1,62 b A	1,06 a A	0,55 a A	1,32 a A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

No peso da matéria seca total aos 115 dias, somente teve diferenças entre os substratos ( $p < 0,01$ ) e, aos 220 e 311 dias, na interação ( $p < 0,01$ ) entre os sombreamentos e substratos.

Aos 115 dias, o peso da matéria seca total entre os sombreamentos teve o valor médio de  $0,83 \pm 0,08$  g. Entre os substratos, no com duas partes de pau de balsa ( $1,42 \pm 0,18$  g) foi maior do que os demais e com valor médio de  $0,64 \pm 0,09$  g.

De forma semelhante aos das matérias seca das raízes, caule e folhas, os maiores valores da matéria seca total ocorreram no substrato com duas partes de pau de balsa sob 0% e no esterco de galinha sob 30% de sombra, aos 220 e 311 dias (Tabela 37).

Tabela 37 – Valores da matéria seca total de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, na interação dos efeitos dos sombreamentos e substratos, aos 220 e 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
220	0	3,38 b B	2,48 a B	3,39 a B	7,57 a A
	30	7,56 a A	2,17 a B	2,60 a B	4,24 b B
	50	2,21 b A	1,68 a A	1,64 a A	3,05 b A
	70	4,34 b A	1,96 a A	3,19 a A	4,28 b A
311	0	3,74 b B	1,97 a B	2,90 a B	8,15 a A
	30	11,51 a A	2,74 a BC	2,17 a C	5,37 ab B
	50	1,11 b A	2,40 a A	2,13 a A	3,80 b A
	70	4,25 b A	2,70 a A	2,22 a A	5,01 b A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

O IQD aos 115 dias teve diferenças entre os substratos ( $p < 0,01$ ), mas aos 220 dias as diferenças ocorreram nos sombreamentos e substratos ( $p < 0,01$ ). Aos 311 dias ocorreram diferenças ( $p < 0,01$ ) na interação entre os sombreamentos e os substratos. Aos 115 dias, o valor médio do IQD foi de  $0,10 \pm 0,01$  entre os sombreamentos. Entre os substratos, no substrato com duas partes de pau de balsa ( $0,19 \pm 0,03$ ) foi maior do que nos demais substratos.

Aos 220 dias e sob 0% de sombra o IQD ( $0,65 \pm 0,10$ ) não teve diferença do 30% ( $0,57$ ), foi maior do que sob 50% ( $0,26 \pm 0,03$ ) e 70% ( $0,39 \pm 0,05$ ), mas sob 30% também não foi diferente do 70%. Entre os substratos, foi maior no com duas partes de pau de balsa ( $0,68 \pm 0,11$ ) e sem diferença do com esterco de galinha ( $0,57 \pm 0,07$ ), que não foi diferente do com uma parte ( $0,34 \pm 0,04$ ), sendo este não diferente do com meia parte ( $0,29 \pm 0,05$ ).

Aos 311 dias, o IQD foi maior sob 0% e no substrato com duas partes de pau de balsa e, sob 30% e com esterco de galinha (Tabela 38). Esses resultados mostram maior eficiência

no IQD do que no H/DC, por incluir também na avaliação da qualidade das mudas de espécies florestais, a alocação das matérias secas da parte aérea e radicular.

Tabela 38 - Índice de Qualidade de Dickson de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don cultivadas, em diferentes sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
311	0	0,52 bc B	0,23 a B	0,42 a B	1,35 a A
	30	1,67 a A	0,36 a BC	0,25 a C	0,76 b B
	50	0,16 c A	0,35 a A	0,25 a A	0,45 b A
	70	0,69 b A	0,33 a A	0,32 a A	0,66 b A

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas e maiúscula nas linhas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste Tukey. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

FONTE: Elaboração própria

A sobrevivência das mudas de *J. copaia* aos 115 dias variou de 76% a 100%, aos 220, de 72% a 100% e, aos 311 dias de 52% a 68%. (Tabela 39).

Tabela 39 - Sobrevivência das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don (caroba) cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos aos 115, 220 e 311 dias em viveiro. EG: Esterco de galinha e PB: Pau de balsa.

Dias no viveiro	Sombra (%)	Substratos			
		3:1:½ EG	3:1:½ PB	3:1:1 PB	3:1:2 PB
115	0	76	84	92	88
	30	92	96	100	100
	50	88	88	100	100
	70	80	96	100	96
220	0	76	72	92	88
	30	88	96	100	100
	50	88	84	96	100
	70	80	96	100	96
311	0	56	52	64	64
	30	60	60	60	60
	50	68	60	60	60
	70	60	56	64	60

FONTE: Elaboração própria

A variação da sobrevivência entre as avaliações aos 220 e 311 dias, compromete a produção de mudas da espécie, considerando os tratamentos com os maiores valores das variáveis biométricas e de qualidade de mudas.

Nos tratamentos com os maiores do IQD e os menores da relação H/DC, diminuíram de 88% para 64% nos tratamentos sob 0% e com duas partes de pau de balsas e de 88% para 60% sob 30% e com esterco de galinha. Nessas condições, a produção de mudas de *J. copaia* devem ser produzidas aos 220 dias nesses tratamentos.

## 2.2 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don

A densidade estomática, diâmetros equatorial e polar das mudas de *J. copaia* aos 311 dias em viveiro, tiveram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos. No entanto, o índice estomático não teve diferença entre os tratamentos (Tabela 40).

Tabela 40 - Densidade estomática (D), Índice estomático (IE), diâmetro equatorial (DE) e diâmetro polar (DP) de estômatos das mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos aos 311 dias em viveiro.

Tratamentos	Variáveis			
	D (Est.mm <sup>-2</sup> )	IE (%)	DE (μ)	DP (μ)
0% sombra x 3:1:2 PB	529,63 a	22,22 a	18,70 a	23,69 a
30% sombra x 3:1:½ EG	422,22 b	19,98 a	18,17 a	22,48 ab
30% sombra x 3:1:½ PB	529,63 a	22,22 a	16,80 b	21,51 b
30% sombra x 3:1:2 PB	285,18 c	18,98 a	19,20 a	23,90 a

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

A densidade estomática sob 0% sombra e no substrato com duas partes de pau de balsa e sob 30% sombra e no substrato 3:1: ½ PB, foi maior do que sob 30% de sombra e nos substratos com esterco de galinha e com duas partes de pau de balsa, também diferentes. Mas o índice estomático, não teve diferenças em todos os tratamentos (Tabela 40).

Os tratamentos com o índice estomático não diferente da densidade estomática evidencia que não ocorreram variações significativas do número de estômatos e o de células epidérmicas. A menor densidade estomática e sem variação do índice estomático, evidencia estômatos maiores e em menor número com as células epidérmicas.

Os diâmetros equatorial e polar, somente foram menores no tratamento 30% e com meia parte de pau de balsa. No entanto, o diâmetro polar tendeu a aumentar no substrato com esterco de galinha, enquanto maior o equatorial, resultando em menor densidade (Tabela 40).

As espessuras dos parênquimas paliçádico e lacunoso, mesofilo e limbo foliar, aos 311 dias, tiveram diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos (Tabela 41).

Tabela 41 - Espessuras dos parênquimas paliçádico (EPP) e lacunoso (EPL), mesofilo (EM) e limbo (EL) das folhas de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. cultivadas em diferentes sombreamentos e substratos, aos 311 dias em viveiro.

Tratamentos	Tecidos foliares			
	EPP ( $\mu$ )	EPL ( $\mu$ )	EM ( $\mu$ )	EL ( $\mu$ )
0% sombra x 3:1:2 PB	55,02 a	87,38 a	142,40 a	170,28 a
30% sombra x 3:1:½ EG	42,80 b	60,91 b	103,72 b	128,56 b
30% sombra x 3:1:½ PB	26,56 d	39,23 c	65,79 c	85,32 c
30% sombra x 3:1:2 PB	36,95 c	56,33 b	93,28 b	118,96 b

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas colunas diferem entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo Teste Tukey.

FONTE: Elaboração própria

A espessura do parênquima paliçádico foi sequencialmente maior nos tratamentos, na seguinte ordem: sob 0% e com duas partes de pau de balsa, sob 30% com esterco de galinha e

com duas e meia parte de pau de balsa. No parênquima lacunoso, mesofilo e limbo, as espessuras foram maiores sob 0% com duas partes de pau de balsa, sob 30% com esterco de galinha e com duas partes de pau de balsa e com meia parte de pau de balsa (Tabela 41).

Em todos os tratamentos, a participação do parênquima lacunoso na espessura do mesofilo, foi maior do que a do paliçádico. As diferenças nos valores das espessuras do mesofilo e do limbo, são das epidermes das faces abaxial e adaxial das folhas de *J. copaia* que não foram avaliadas neste trabalho (Tabela 41).

As folhas de *J. copaia* são hipoestomáticas, com estômatos somente na face abaxial (Figura 3 A). Os estômatos são anomocíticos, rodeados por células epidérmicas com paredes ondeadas em vista frontal (Figura 3 A).

A epiderme das folhas de *J. copaia* é unisseriada com células tabulares a arredondadas de tamanhos diferentes em ambas as faces e cutícula delgada de aspecto liso, cobrindo toda a superfície foliolar. Tanto na face adaxial como na abaxial foram observados tricomas tector e glandular (Figura 3 B e C).

O mesofilo é dorsiventral, com parênquima paliçádico composto por células justapostas e uniestratificadas, seguido de duas a quatro camadas de parênquima lacunoso (Figuras 3 C). Também ocorreram grãos de amido ao longo do mesofilo (Figura 3 D).

Na nervura central, o feixe vascular é colateral com colênquima justaposto à epiderme adaxial e adjacente à epiderme abaxial (Figura 3 E). Ainda foi observada ocorrência de tricomas tector e glandular, além de idioplastos contendo cristais prismáticos e esclereídes (Figura 3 F).

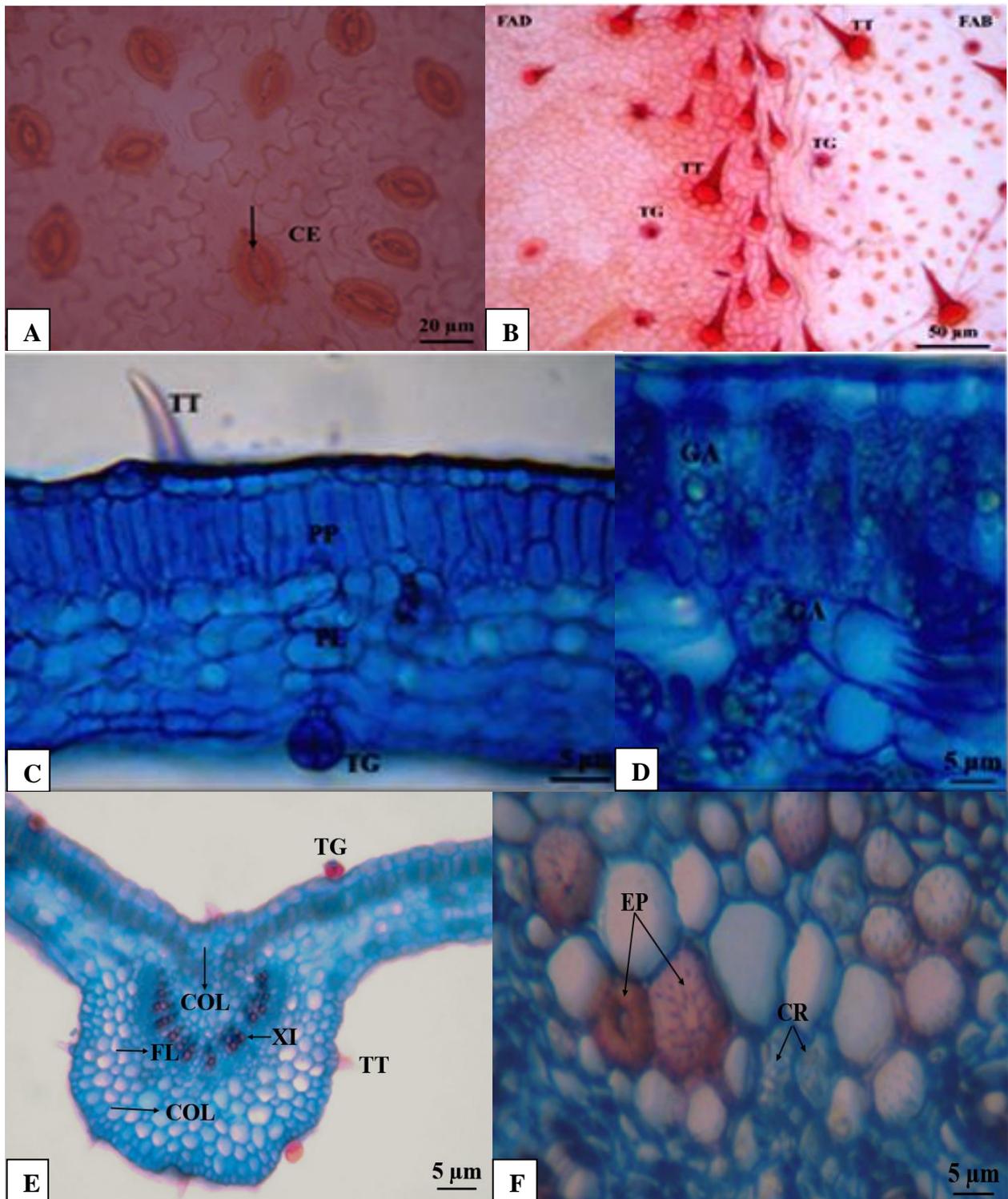


Figura 3 - Anatomia foliar de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don. A) Face abaxial com detalhe do complexo estomático e células epidérmicas; B) Faces adaxial e abaxial com tricomas tector e glandular; C) Limbo evidenciando as estruturas morfoanatômicas; D) Detalhe do mesófilo com grãos de amido; E) Nervura central e F) Detalhe do feixe vascular apontando esclareídes com pontoações ramificadas e cristais prismáticos. CE – Célula epidérmica, Seta – complexo estomático, FAD – Face adaxial, FAB – Face abaxial, TT – Tricoma tector, TG – Tricoma glandular, PP – Parênquima paliçádico, PL – Parênquima lacunoso, GA – Grãos de amido, COL – Colênquima, XI – Xilema, FL – Floema, EP – Esclareídes e CR – Cristais prismáticos.

### 3 DISCUSSÃO

#### 3.1 Efeitos dos sombreamentos e substratos no crescimento de mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don

O maior valor da altura sob 30%, e no substrato com esterco de galinha seguido do 70% de sombra e no substrato com duas partes de pau de balsa a partir dos 220 dias mostra que, sendo a *J. copaia* espécie pioneira, a altura é estimulada para buscar mais luz. A capacidade das plantas em crescer rapidamente, quando sombreadas é um mecanismo de adaptação e valiosa estratégia para escapar do sombreamento (DUTRA et al., 2012)

Segundo Carneiro (1995), o crescimento em altura deve estar relacionado com o do diâmetro do colo, para expressar equilíbrio de crescimento da planta e pode determinar padrão de qualidade e ainda deve ser acompanhado por outros parâmetros morfológicos e fisiológicos.

Na espécie pioneira *Schizolobium amazonicum*, a maior altura, foi obtida aos 60 dias sob 70% de sombra (ROSA et al., 2009). Em mudas de *Simarouba amara*, aos 182 dias a altura foi maior sob 50% (AZEVEDO et al., 2010).

Os maiores diâmetros sob 0% e 70% no substrato com duas partes de pau de balsa e, também sob 30% de sombra no substrato com esterco de galinha, evidenciam a plasticidade do crescimento em diâmetro na interação entre os extremos de sombreamento e de composição do substrato com partículas de pau de balsa. Desde 220 dias e sob 0%, o diâmetro do colo não teve diferença do 70%. Nos substratos com esterco e com duas partes de pau de balsa também não teve diferença. Os valores do diâmetro nesses tratamentos estão entre 5 a 10 mm, faixa indicados para mudas de espécies florestais (GONÇALVES et al., 2000).

Os maiores valores em altura e diâmetro nas mudas de *Ochroma pyramidale*, aos 160 dias, ocorreram nas plantas fertilizadas com fósforo e em pleno sol (CUNHA et al., 2016). O substrato comercial Tecnomax nas proporções 25% e 50% associado ao material inerte

(areia), aos 180 dias, proporcionou também maior crescimento em altura e diâmetro nas mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, sendo excessivo com 75% e 100% (AFONSO et al., 2012).

A área foliar e o número de folhas, em geral tiveram relação direta. Aos 220 dias não ocorreram diferenças entre os sombreamentos e substratos no número de folhas. Mas a área foliar foi maior sob 0% e no substrato com duas partes de pau de balsa, assim como sob 30% e com esterco de galinha. Nesses tratamentos, ocorreu aumento da área e sem diferenças no número de folhas, evidenciando que foram desenvolvidas folhas com maiores áreas. Mas aos 311 dias, a maior área foliar sob 30% e 50% e no substrato com meia parte de pau de balsa e, também sob 70% com esterco de galinha ocorreu pelos maiores valores do número de folhas nesses tratamentos.

Em baixa irradiância a planta necessita expandir a área foliar, para maior captação de luz para os processos fotossintéticos, uma vez que a luz é fator limitante (LIMA et al., 2008). Em *Mimosa caesalpiniaefolia*, espécie pioneira da Caatinga, a área foliar e número de folhas aos 90 dias foram maiores em substratos contendo pó de coco e sem diferença entre as proporções solo+pó de coco (1:2), solo+pó de coco (1:1) e solo+pó de coco (1:4) (LACERDA et al., 2006).

Na relação altura/diâmetro, segundo Carneiro (1995) quanto menor o valor, maior o padrão de qualidade, deve ser entendido que os valores dessas variáveis devem variar no mesmo sentido, revelando maior equilíbrio de crescimento (AGUIAR et al., 2011).

Aos 220 dias o menor valor da relação H/DC ocorreu sob 0%. Mas aos 311 dias, ocorreu nesse sombreamento e no substrato com esterco de galinha. Embora que não teve diferenças dos sombreamentos de 30% e 70%. Para usar como critério de qualidade, deve ser acompanhado de parâmetros morfológicos e fisiológicos (CARNEIRO, 1995).

Em mudas de *Caesalpinia echinata*, sob pleno sol e 20% de sombra tiveram os menores valores da relação H/DC (AGUIAR et al., 2011). Em mudas de *Simarouba amara*, sob 50% o crescimento foi maior em diâmetro do que em altura (AZEVEDO et al., 2010).

As produções de matérias secas nas raízes, caule, folhas e total, foram maiores sob 0% e com duas partes de pau de balsa e sob 30% e com esterco de galinha. Esses resultados ocorreram aos 220 e 311 dias, evidenciando que a formação de matéria seca ocorre de forma equilibrada entre a parte aérea e o sistema radicular.

As plantas em condições de alta irradiância tendem investir na produção de biomassa radicular ao passo que sob baixa irradiância investem mais em biomassa foliar (CUNHA et al., 2016). Maior biomassa em raízes, sob alta irradiância, favorece maior absorção de água e nutrientes, em condições em que a água se torna menos disponível ao sistema radicular, devido às maiores taxas de evaporação do substrato (CARVALHO et al., 2006).

Em *Schizolobium amazonicum* o peso da matéria seca total foi maior sob 30% comparado ao 50% e 70% (ROSA et al., 2009). Em *Ochroma pyramidale* o maior acúmulo de biomassa radicular em alta irradiância e, foliar sob baixa irradiância, ocorreu em condições não limitantes de fósforo (CUNHA et al., 2016).

A produção de biomassa em *Parkia gigantocarpa* foi maior nas plantas cultivadas em pleno sol e 67% de sombra e, em *Schizolobium parahyba*, a maior produção ocorreu em 23% e 67%. Sob alta intensidade de sombra (73%), tanto *P. gigantocarpa* como *S. parahyba* tiveram menor produção de biomassa. Isto ocorre porque as espécies intolerantes às condições de pouca luz (pioneiras) têm pontos altos de compensação de luz; portanto, como a intensidade da luz diminui o consumo de carbono pela respiração, irá superar o carbono produzido pela fotossíntese, diminuindo a produção de biomassa. (LOPES et al., 2015).

A maior produção de biomassa seca aérea, em substratos com 20% a 80% de composto orgânico (100% de casca de arroz não carbonizada + resíduo de abate de aviário),

ocorreu nas mudas de *Schinus terebinthifolius*, enquanto que a biomassa seca da raiz foi maior com 60% e 20% de composto orgânico no substrato (CALDEIRA et al., 2008).

Nas mudas de *Enterolobium contortisiliquum*, aos 180 dias e no substrato com 75% de areia + 25% Tecnomax®, os maiores valores de matéria seca da parte aérea, raiz e total ocorreram em relação ao composto com 0% de areia+100% de Tecnomax® (AFONSO et al., 2012).

Os resultados do IQD de *J. copaia* aos 220 dias foi semelhante ao dos 311 dias. Sob 30% de sombra e no substrato com esterco de galinha (1,67) teve o maior valor. No entanto, no substrato com duas partes de pau de balsa, o maior (1,35) foi sob 0%. No entanto, entre esses períodos, nos tratamentos com os maiores do IQD e os menores da relação H/DC, a sobrevivência diminuiu de 88% para 64% nos tratamentos sob 0% e com duas partes de pau de balsas e, de 88% para 60% sob 30% e com esterco de galinha. Nessas condições, a produção de mudas de *J. copaia* devem ser produzidas aos 220 dias nesses tratamentos, mantendo maior qualidade e com maior sobrevivência.

A influência da profundidade de semeadura e de diferentes sombreamentos na qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum*, o maior Índice de Qualidade de Dickson foi de 0,52 e sob 30% de sombra, independente da profundidade de semeadura (ROSA et al., 2009).

Aos 270 dias após emergência de *Dilodendron bipinnatum*, o IQD foi maior nas mudas sob 50% e 70% de sombra (REIS et al., 2015) e considerando que o IQD como um dos melhores indicadores da qualidade de mudas, pois leva em consideração vários parâmetros morfológicos importantes ao mesmo tempo, otimizando o índice.

### **3.2 Efeitos dos sombreamentos e substratos na anatomia foliar de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don**

A densidade estomática sob 0% sombra e no substrato com duas partes de pau de balsa e sob 30% sombra e no substrato 3:1: ½ PB, foi maior do que sob 30% de sombra e nos substratos com esterco de galinha e com duas partes de pau de balsa. Mas o índice estomático, não teve diferenças em todos os tratamentos.

Os tratamentos com o índice estomático não diferente da densidade estomática evidenciam que não ocorreram variações significativas do número de estômatos e o de células epidérmicas. A menor densidade estomática e sem variação do índice estomático, evidencia estômatos maiores e em menor número com as células epidérmicas. A correção significativa entre o índice estomático e a densidade estomática, ou mesmo, entre este e a densidade de células epidérmicas também foi encontrada em folhas de cafeeiro, no entanto não foi encontrada correlação do índice estomático com o tamanho dos estômatos (POMPELLI et al., 2010).

Os índices estomáticos do cafeeiro em folhas de sombra (19,09%) e de sol (20,08%) encontrados por Pompelli et al. (2010), são semelhantes aos da *J. copaia*, exceção do sob 30% e com meia parte de pau de balsa.

Nas folhas de *Sebastiania Myrtilloides*, a densidade de estômatos foi 64% maior no habitat ensolarado (Cerrado) comparado ao sombreado (Mata Ripária) na Serra do Cipó (MARQUES et al., 1999).

Em mudas de *Cupania vernalis*, espécie heliófita da Mata Atlântica, a densidade estomática também foi maior sob 0% e 30% de sombra, comparado aos 50% e 70%. Ocorreram também relações positivas entre transpiração, condutância estomática, índice estomático, número de estômatos, espessura do limbo e taxa fotossintética líquida com o aumento na densidade estomática, por permitir que a planta eleve a condutância de gases e,

assim, evitar que a fotossíntese seja limitada sob diferentes condições ambientais (LIMA JUNIOR et al., 2006).

Em Floresta de Terra Firme da Amazônia Central Camargo e Marengo, 2011 registraram densidade estomática de *Jacaranda copaia* de 389,8 mm<sup>-2</sup> e comprimento dos estômatos (diâmetro polar) de 17,5 µm. Nas espécies arbóreas de floresta ombrófila densa a densidade estomática foi maior nas espécies do estágio sucessional inicial, com dossel aberto e em relação aos intermediários e avançado, com dossel mais fechado (BOEGER e WISNIEWSKI, 2003).

Neste estudo, a densidade estomática variou de 285,18 a 529,63 estômatos/mm<sup>2</sup>. A densidade estomática é bom indicador da capacidade fotossintética, entretanto a condutância estomática não depende somente do número de estômatos, mas também do tamanho, visto que a capacidade de resposta dos estômatos, às variáveis ambientais, é mais importante do que o número, para determinar a condutância estomática (LIMA JUNIOR et al., 2006).

Estômatos pequenos provavelmente proporcionam uso mais eficiente da água, uma vez que podem abrir e fechar mais rapidamente do que estômatos maiores (HETHERINGTON e WOODWARD, 2003).

Nesse tratamento, a eficiência se evidenciou na avaliação do crescimento de *J. copaia*, aos 220 e 311 dias, em que os valores foram maiores ou não diferentes dos outros sombreamentos na altura, diâmetro do colo, área foliar, número de folhas, relação altura/diâmetro, pesos secos de raiz, caule, folhas e total, e também no Índice de Qualidade de Dickson. Ainda, com folhas mais finas, por terem menores valores na espessura do limbo, parênquimas paliádico e lacunoso e mesófilo.

Nas espécies tolerantes à sombra, a plasticidade do mesófilo pode ser menor em relação a plantas sujeitas a ambientes mais heterogêneos, tais como trepadeiras e espécies pioneiras (JUSTOS et al., 2005). Sendo a *J. copaia* espécie pioneira, ocorreram diferenças na

organização do mesofilo, densidade estomática e diâmetros equatorial e polar dos estômatos em função do sombreamento e substratos, evidenciando plasticidade da espécie.

Em *Schinus terebinthifolius* as espessuras do limbo e parênquima paliçádico foram maiores nas folhas de área aberta em relação à capoeira, demonstrando que sob diferentes quantidades de luz, a espessura e a área foliar tendem a ser inversamente proporcionais, ou seja, a folha diminui a área exposta, mas aumenta a espessura da lâmina, devido ao incremento dos tecidos fotossintéticos e dos espaços intercelulares, garantindo assim maior volume da folha (SABBI et al., 2010). Em *Mimosa scabrella* (bracatinga) também ocorreu maior espessura do parênquima paliçádico em área aberta em relação a capoeira (CHIAMOLERA et al.,2011)

## CONCLUSÕES

As mudas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don devem ser produzidas com maior qualidade e sobrevivência, sob 0% de sombra e no substrato com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e duas partes de esterco de galinha curtido e seco (3:1:½ EG) ou sob 30% de sombra com três partes de terra argilosa, uma parte de areia e duas partes de partículas de pau de balsa enriquecidas com macro e micronutrientes (3:1:2 PB), alcançando altura média de 32,5 cm e sobrevivência de 82% a 96% e aos 220 dias.

Nos sombreamentos de 0% e 30%, teve mais eficiência no crescimento de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, aos 220 dias, em que os valores das variáveis biométricas foram maiores e com maior qualidade e com folhas mais finas, por terem menores valores na espessura do limbo, parênquimas paliçádico e lacunoso e mesofilo, expressando plasticidade na anatomia das folhas.

As folhas de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don são hipoestomáticas com estômatos do tipo anomocíticos e epiderme unisseriada com células tabulares a arredondadas e de tamanhos diferentes em ambas as faces, tricomas tector e glandular ocorrem tanto na epiderme adaxial como na abaxial. Mesofilo dorsiventral com parênquima paliçádico composto por células longas, justapostas e uniestratificadas e grãos de amido, foram observados. Na nervura central, o feixe vascular é colateral e idioplastos contendo cristais prismáticos e esclereídes com pontoações ramificadas podem estar presentes.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, M.V.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Composição do substrato, vigor e parâmetros fisiológicos de mudas de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1019-1026, 2012.

AGUIAR, F.F.A.; KANAHIRO, S.; TAVARES, A.R.; NASCIMENTO, T.D.R.; ROCCO, F.M. Crescimento de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.), submetidas a cinco níveis de sombreamento. **Revista Ceres**, v. 38, n. 6, p. 729-734, 2011.

ARMSTRONG, L. Morpho-anatomy of the leaf and stem of *Eugenia pyriformis*. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, n. 22(3), p.475-481, 2012.

AZEVEDO, I.M.G.; ALENCAR, R.M.; BARBOSA, A.P.; ALMEIDA, N.O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. **Revista Acta Amazonica**, v. 40, p. 157 – 164, 2010.

BARBOSA, A.P.; CAMPOS, M.A.A.; SAMPAIO, P.T.B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C.Q.B. O crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* SW.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 33, p. 477-482, 2002.

BARBOSA, A.P.; PINTO, A.M.; RIBEIRO, R.J. **Calendário de floração e frutificação de espécies madeireiras da Região Amazônica**. MCT-INPA/JICA – Projeto JACARANDA, Projeto de Reflorestamento de Áreas Degradadas. 2001.

BOEGER, M.R.T e WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, v. 26, n.1, p.61-72, 2003.

CALDEIRA, M.V.W.; ROSA, G.N.; FENILLI, T.A.B.; HARBS, R.M.P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v.9, n.1, p.27-33, 2008.

CAMARGO, M.A.B. e MARENCO, R.A. Density, size and distribution of stomata in 35 rainforest tree species in Central Amazonia. **Acta Amazonica**, vol. 41, n.2, p. 205 – 212, 2011.

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. **Curitiba: Universidade Federal do Paraná**. 451 pp, 1995.

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata*) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 351-357, 2006.

CHIAMOLERA, L.B.; ÂNGELO, A.C.; BOERGER, M.R.; ARAÚJO, F.C. Aspectos anatômicos e fisiológicos de folhas de *Mimosa scabrella* de áreas com diferentes graus de sucessão. **Floresta**, v. 41, n. 3, p. 435-450, 2011.

CLAY, J.W.; SAMPAIO, P.T.B.; CLEMENT, C.R. **Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização**. Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico. 1.ed. Manaus, 409p, 2000.

CUNHA, H.F.V.; GONÇALVES, J.F.C.; JUNIOR, U.M.S.; FERREIRA, M.J.; PEIXOTO, P.H.P. Biomassa, trocas gasosas e aspectos nutricionais de plantas jovens de pau de balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb.) Urb.) submetidas à fertilização fosfatada em ambientes contrastantes de irradiância. **Scientia Forestalis**, volume 44, n. 109, 2016.

CUTTER, E. G. **Plant anatomy: cells and tissues. Part I**. London: William Clowes and Sons, 315 p, 1978.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A.A.; SANTOS, M.O.; ARANTES, L.O. Influência de diferentes condições de sombreamento sobre o crescimento de *Tapirira guianensis* Alb. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 477-479, 2007.

DUTRA, T.R.; GRAZZIOTTI, P.H.; SANTANA, R.C.; MASSAD, M.D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Ipef, p.309-350, 2000.

HETHERINGTON, A.M.; WOODWARD, F.I. The role of stomata in sensing and driving environmental change. **Nature**, v.424, p.901-908, 2003.

JUSTO, C. F.; SOARES, A. M.; GAVILANES, M. L.; CASTRO, E. M. Plasticidade anatômica das folhas de *Xylopia brasiliensis* Sprengel (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 111-123, 2005.

LACERDA, M.R.B.; PASSOS, M.A.A.; RODRIGUES, J.J.V.; BARRETO, L.P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.163-170, 2006.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BARBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisioanatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LIMA, J.D.; SILVA, D.N.B.M.S.; MORAES, W.S.; DANTAS, V.A.V.; ALMEIDA, C.C. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazônica**, v. 38, n. 1, p. 5-10, 2008.

LOPES, M.J.S.; DIAS-FILHO, M.B.; NETO, M.A.M.; SANTOS, J.U.M.; CRUZ, E.D.; DIAS, H.S.S. Morphological and physiological responses to shade in seedlings of *Parkia gigantocarpa* Ducke and *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (Leguminosae). **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 573-580, 2015.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. e ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Vol. II. INPA, Manaus, AM, Brasil. 187p, 1979.

MARQUES, A.R.; GARCIA, Q.S.; FERNANDES, G.W. Effects of sun and shade on leaf structures and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Geras, Brazil. **Boletim Bot.**, v.18, p. 21-27, 1999.

MOREIRA, N.S.; NASCIMENTO, L.B.S.; LEAL-COSTA, M.V.; TAVARES, E.S. Comparative anatomy of leaves of *Kalanchoe pinnata* and *K. crenata* in sun and shade conditions, as a support for their identification. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, n. 22, p. 929-936, 2012.

POMPELLI, M.F.; MARTINS, S.C.V.; CELIN, E.F.; VENTRELLA, M.C.; DaMATTA, F.M. Whats is the influence of ordinary epidermal cells and sotmata on the leaf plasticity of coffee plants growth under full-sun and shady conditions? **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 4, p. 1083-1088, 2010.

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

REIS, S.M.; MORANDI, P.S.; OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, E.A.; VALADÃO, M.B.X.; MARIMON, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B.H. Influência do sombreamento no desenvolvimento inicial e eficiência no uso de nutrientes de *Dilodendron bipinnatum* Radkl (Sapindaceae). **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 581-590, 2015.

ROSA, L.S.; VIEIRA, T.A.; SANTOS, D.S.; SILVA, L.C.B. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista Ciências Agrárias**, n. 52, p. 87-98, 2009.

SABBI, L.B.C.; ÂNGELO, A.C.; BOEGER, M.R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **IHERINGIA, Sér. Bot.**, v. 65, n. 2, p. 171-181, 2010.

SCHLUTER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 383, p. 867-874, 2003.

SIMS, D. A.; SEEMANN, J. R.; LUO, Y. Elevated CO<sub>2</sub> concentration has independent effects on expansion rates thickness of soybean leaves across light and nitrogen gradients. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 320, p. 583- 591, 1998.

SULTAN, S.E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution & Development**, v. 5, n.1, p. 25-33, 2003.

WILKINSON, H.P. The plant surface (mainly leaf). Part I: stomata. In: METCALFE, C.R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons – systematic anatomy of the leaf and stem**. 2.ed. London: Oxford University Press, v. 1, p. 97-117, 1979.