



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDERSON KIKUCHI CALZAVARA

**MORFOANATOMIA E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE
TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL ACLIMATADAS EM VIVEIRO**

Londrina
2014

ANDERSON KIKUCHI CALZAVARA

**MORFOANATOMIA E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE
TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL
SEMIDECIDUAL ACLIMATADAS EM VIVEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Ciências Biológicas da Universidade
Estadual de Londrina como um dos requisitos à
obtenção do título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Pimenta

Coorientador: Prof. Dr. Moacyr Eurípedes Medri

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C171m Calzavara, Anderson Kikuchi.
Morfoanatomia e ecofisiologia de mudas de três espécies arbóreas de floresta estacional semidecidual aclimatadas em viveiro \ Anderson Kikuchi Calzavara. – Londrina, 2014.
73 f. : il.

Orientador: José Antonio Pimenta.
Coorientador: Moacyr Eurípedes Medri.
Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Aclimação – Teses. 2. Fotossíntese – Teses. 3. Árvores – Mudas – Teses. 4. Ecofisiologia vegetal – Teses. 5. Botânica – Teses. I. Pimenta, José Antonio. II. Medri, Moacyr Eurípedes. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU 581.5

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Discente: **Anderson Kikuchi Calzavara**

Título: "Morfoanatomia e ecofisiologia de mudas de três espécies arbóreas de floresta estacional semidecidual aclimatadas em viveiro"

Data da Defesa: 30 de junho de 2014 – 08:30 hs, na sala CCB S/10 do Centro de Ciências Biológicas, desta Universidade.

Banca Examinadora

Presidente:


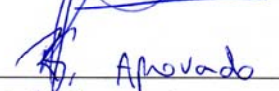

Dr. José Antonio Pimenta

Titulares:

Dr. Rafael Silva Oliveira

Dr. Halley Caixeta de Oliveira

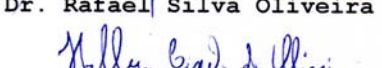
Parecer

 APROVADO
 APROVADO
 APROVADO

Parecer Final APROVADO


Dr. José Antonio Pimenta


Dr. Rafael Silva Oliveira


Dr. Halley Caixeta de Oliveira

CALZAVARA, Anderson Kikuchi. **Morfoanatomia e ecofisiologia de mudas de três espécies arbóreas de Floresta Estacional Semidecidual aclimatadas em viveiro**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Áreas desflorestadas são caracterizadas por maiores intensidades luminosas, temperaturas do ar e do solo e déficit de pressão de vapor de água, além de grandes flutuações sazonais no potencial de água do solo. Para o reflorestamento destas áreas utilizando-se de mudas, é necessário, antes, submetê-las ao processo de aclimação, que favorecerá seu estabelecimento, crescimento e desenvolvimento no local de plantio, sob condições mais sujeitas a estresses. Algumas espécies de plantas, na fase de muda, são muito vulneráveis, porém, possuem alta capacidade de aclimação, refletida por alterações fisiológicas, anatômicas e morfológicas, sejam elas em folhas, caules ou raízes. Este estudo teve como objetivo verificar a influência do processo de aclimação implementado em viveiros sobre a rusticidade de mudas, a partir de avaliações de trocas gasosas foliares, anatomia e morfologia de três espécies utilizadas em reflorestamentos de Floresta Estacional Semidecidual: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae). As mudas foram cultivadas, durante 168 dias, em dois setores de um viveiro: setor de crescimento (40% de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos total) e de aclimação (sol pleno). Utilizando-se de índices que relacionam parâmetros morfológicos foi estimada a qualidade das mudas. Com a aclimação, as mudas de *C. speciosa* desenvolveram folhas menores, com parênquimas clorofilianos mais espessos, e apresentaram aumentos da fotossíntese (Amax), da condutância estomática (gs) e da transpiração (E). A menor razão altura/diâmetro do colo (RAD), decorrente do espessamento do colo induzido pela aclimação, indicou maior qualidade nas mudas de *C. speciosa* aclimatadas. Nas mudas de *C. floribundus*, sob sol pleno, as folhas expandiram-se menos e houve redução da área foliar específica (AFE) e aumentos da densidade estomática e da espessura do parênquima paliçádico. As variáveis de trocas gasosas não diferiram em relação ao controle. Nesta espécie, pelos índices de qualidade, não foi possível estimar qualidade superior das mudas em nenhum dos tratamentos. *C. pachystachya* foi a espécie que mais sofreu influência da aclimação. As folhas menores, mais espessas, com menor AFE e maior densidade estomática das mudas em aclimação apresentaram maiores Amax e E. A RAD e a razão massa seca da parte aérea/raiz indicaram que a aclimação aumentou a qualidade das mudas de *C. pachystachya*. As mudas das três espécies, mediante a transferência do setor sombreado para pleno sol, foram capazes de se aclimatar ao novo ambiente de luz. De fato, quando submetidas à aclimação, as mudas adquiriram características de rusticidade, principalmente relacionadas à anatomia foliar, que devem favorecê-las na fase de estabelecimento, após o plantio. Em *C. speciosa* e *C. pachystachya*, a utilização de índices auxiliou parcialmente no prognóstico da qualidade das mudas, enquanto em *C. floribundus*, os índices não sofreram alterações com a aclimação das mudas.

Palavras-chave: Aclimação. Fotossíntese. Luminosidade. Morfologia e anatomia de plantas. Qualidade de mudas. Trocas gasosas.

CALZAVARA, Anderson Kikuchi. **Morphoanatomy and ecophysiology of seedlings of three tree species of semideciduous forest acclimated in nursery.** 2014. Dissertation (Master's degree in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

Deforested areas are characterized by higher light intensities, air and soil temperatures, vapor pressure deficit and seasonal fluctuations of soil water potential. Prior to the use of seedlings for the reforestation of these areas, they must be submitted to the acclimation process, which will facilitate its establishment, growth and development in planting site, under conditions more susceptible to stresses. Some plant species are vulnerable to stresses at the seedling stage, however, have a high acclimation ability, reflected by changes in physiological, anatomical and morphological traits that can occur in leaves, stems or roots. This study aimed to evaluate the influence of the acclimation process implemented in nurseries on the hardiness of seedlings, by assessing gas exchange, anatomical and morphological traits of three species used in reforestation of semideciduous forests: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) and *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae). The seedlings were grown for 168 days in two sectors of a nursery: growth sector (under 40% of total photosynthetic photon flux density) and acclimation sector (under full sun). The quality of the seedlings was estimated using indexes that relate morphological parameters. With acclimation, seedlings of *C. speciosa* developed smaller and thicker leaves, and showed increases in photosynthesis (A_{max}), stomatal conductance (g_s) and transpiration rate (E). The lower height/diameter ratio (H/D), due to the thickening of the stem induced by acclimation, indicated higher quality in acclimated seedlings of *C. speciosa*. Leaves of *C. floribundus* seedlings, under full sun, have expanded less and there were a reduction in specific leaf area (SLA) and increases in stomatal density and in palisade parenchyma thickness. Despite these changes, gas exchange traits did not differ in comparison with control seedlings. In this species, it was not possible to estimate a higher quality of the seedlings in none of the treatments using the quality indexes. *C. pachystachya* was the most influenced species by acclimation. Acclimated seedlings had smaller and thicker leaves, with lower SLA and higher stomatal density, which showed greater A_{max} and E . The H/D ratio and the shoot/root dry mass ratio indicated that acclimation increased the quality of *C. pachystachya* seedlings. The seedlings of the three species were able to acclimate to the new light environment, upon transfer from shade to full sun. Indeed, when submitted to acclimation the seedlings developed traits of hardiness, mainly related to leaf anatomy, which should favor them during establishment phase, after planting in the field. In *C. speciosa* and *C. pachystachya*, the use of indexes assisted partially in the prognosis of the quality of the seedlings, while in *C. floribundus* the indexes did not change with acclimation of seedlings.

Key words: Acclimation. Gas exchange. Light intensity. Photosynthesis. Plant morphology and anatomy. Seedlings quality.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1 – Indivíduo jovem (muda) (A) e adulto (B) de *Ceiba speciosa*. Indivíduo jovem (C) e adulto (D) de *Croton floribundus*. Indivíduo jovem (E) e adulto (F) de *Cecropia pachystachya*. As fotos dos indivíduos adultos de *C. speciosa*, *C. floribundus* e *C. pachystachya* estão disponíveis, respectivamente, em: <http://vilarealpalmeiras.blogspot.com.br/2013/09/paineira-ceiba-speciosa.html>, acesso em abril de 2014; <http://mudasnativas.biz/arvores-nativas-de-capixingui-mudas-de-capixingui>, acesso em abril de 2014; <http://www.panoramio.com/photo/82799928>, acesso em abril de 2014 21

ARTIGO

Figura 1 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Ceiba speciosa*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (A_{max}); C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey (p<0,05)..... 41

Figura 2 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Croton floribundus*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (A_{max}); C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey (p<0,05)..... 46

Figura 3 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Cecropia pachystachya*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (A_{max});

C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) 47

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

- Tabela 1** – Média \pm erro padrão de variáveis morfoanatômicas de folhas de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). AFE= área foliar específica. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. n=9 42
- Tabela 2** – Média \pm erro padrão da porcentagem de cada tecido que compõe o caule de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. n=9..... 43
- Tabela 3** – Média \pm erro padrão de variáveis morfológicas de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). RAD= razão altura da parte aérea/diâmetro do colo; RPAR= razão massa seca da parte aérea/raiz; IQD= índice de qualidade de Dickson. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. n=9 44
- Tabela 4** – Média \pm erro padrão da taxa de crescimento relativo (TCR) de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado), ao longo de 168 dias de experimento. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco n=9 45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	9
1.1	IMPORTÂNCIA DO REFLORESTAMENTO E DA QUALIDADE DE MUDAS	9
1.2	PLASTICIDADE FENOTÍPICA E ACLIMATAÇÃO	12
1.3	ESTRUTURA FOLIAR E TROCAS GASOSAS.....	16
2	ESPÉCIES ESTUDADAS	20
2.1	CEIBA SPECIOSA (A.ST.-HIL.) RAVENNA (MALVACEAE).....	20
2.2	CROTON FLORIBUNDUS SPRENG. (EUPHORBIACEAE).....	20
2.3	CECROPIA PACHYSTACHYA TRÉCUL (URTICACEAE).....	22
	REFERÊNCIAS	23
	ARTIGO – MORFOANATOMIA E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ACLIMATADAS EM VIVEIRO	32
	INTRODUÇÃO.....	34
	MATERIAL E MÉTODOS	36
	Produção das Mudanças.....	36
	Espécies e Tratamentos	37
	Avaliação das Trocas Gasosas.....	37
	Avaliações Anatômicas	38
	Avaliações Morfológicas.....	39
	Análise Estatística	40
	RESULTADOS	40
	DISCUSSÃO	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	APÊNDICES	60
	ANEXO	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 IMPORTÂNCIA DO REFLORESTAMENTO E DA QUALIDADE DE MUDAS

As florestas são os componentes mais importantes dos ecossistemas tropicais, por preservar o “pool” de genes, pelo seu papel no ciclo global do carbono, como mitigadora dos aumentos de CO₂ atmosférico e como fonte de biomassa e bioenergia renováveis (Favaretto *et al.* 2011). Nas últimas décadas, no entanto, a vasta destruição de florestas tem sido um problema global, que resultou na perda de diversas espécies (Favaretto *et al.* 2011).

A Floresta Atlântica, por exemplo, encontra-se em estado crítico de fragmentação, possuindo apenas 10,7% de sua cobertura original (Fundação SOS Mata Atlântica; INPE 2011). Logo, a preservação de suas áreas remanescentes representa um desafio para conservação de florestas no Brasil (Myers; Knoll 2001). A maioria dos estudos de conservação deste bioma prioriza a preservação de fragmentos, especialmente os maiores e pouco perturbados (Lopes *et al.* 2009), em detrimento da recuperação, por manejo, de áreas fragmentadas (Rodrigues *et al.* 2009). Por outro lado, o plantio de árvores em áreas degradadas pode ter grande potencial na recuperação florestal e, assim, contribuir para a conservação da biodiversidade da Floresta Atlântica (Fonseca *et al.* 2009).

Plantios florestais podem ser empregados para várias finalidades, que incluem a proteção e melhoria do solo, o sequestro de carbono e a restauração ecológica (Cortina *et al.* 2013). O plantio de espécies lenhosas, por exemplo, contribui para melhorar os processos dos ecossistemas, por meio da redução da energia cinética das gotas de chuva, da formação de serapilheira, do aumento da infiltração de água no solo, da redução da geração de enxurradas, da transferência de nutrientes da atmosfera e de horizontes profundos do solo para a superfície do mesmo, da produção de frutos comestíveis, do estoque de carbono e da modulação das oscilações climáticas (Rey Benayas *et al.* 2009; Allen *et al.* 2010).

Em meados de 1970, no Brasil, começou-se a dar maior importância ao uso de mudas de espécies florestais produzidas em viveiros em projetos de recuperação florestal (Santos *et al.* 2000). A partir de então, várias pesquisas foram realizadas a respeito dos tratamentos culturais e insumos mais adequados para a produção de mudas em viveiros (Dutra 2010).

Na maioria dos países equatoriais, as áreas florestadas têm sido rapidamente convertidas em áreas com vegetação não florestal, como pastos ou terras aráveis (Juhrbandt *et al.* 2004). As condições microclimáticas de florestas maduras diferem substancialmente das

encontradas em áreas desflorestadas (Craven *et al.* 2011), que são caracterizadas por maiores intensidades luminosas, temperaturas do ar e do solo, déficit de pressão de vapor (DPV) e grandes flutuações sazonais no potencial de água no solo (Guariguata; Ostertag 2001). Conseqüentemente, mudas oriundas da germinação de sementes no local e também as que são transplantadas oriundas de viveiros, são expostas a diferentes tipos e intensidades de estresses, que irão afetar aspectos fisiológicos e morfoanatômicos (Craven *et al.* 2011), em maior ou menor grau, dependendo da resposta à aclimação de cada espécie (Griscom *et al.* 2005).

Muitas espécies lenhosas apresentam problemas de sobrevivência e crescimento de suas mudas após o plantio (Jacobs *et al.* 2004). Surgiu, portanto, a necessidade de se produzir mudas que tenham qualidades que favoreçam o estabelecimento no campo (Mattsson 1996). Ao longo das últimas décadas, as melhorias na qualidade das mudas aumentaram substancialmente suas taxas de sobrevivência e de crescimento inicial após o plantio (Cortina *et al.* 2013).

Na fase de muda, as plantas são mais vulneráveis a estresses ambientais e não são capazes de amortecer as deficiências de determinados fatores ambientais e estimular seu desenvolvimento, pois suas reservas são escassas (Walter *et al.* 2007). Imediatamente após o plantio no campo, as mudas frequentemente enfrentam o choque de transplante, que é caracterizado pelo crescimento reduzido e baixa sobrevivência durante o período de aclimação às novas condições ambientais, provocado principalmente pelo déficit hídrico (Nambiar; Sands 1993). Para reduzir este choque, é necessário produzi-las em áreas bem definidas, com características específicas e controladas, como em viveiros, para promover uma aclimação que, após o plantio, possibilite que os indivíduos sobrevivam às condições adversas do campo e cresçam satisfatoriamente (Gomes *et al.* 2002; Davis; Jacobs 2005; Mendoza-Bautista *et al.* 2011). Mudas que são rustificadas em viveiros florestais são submetidas à longa exposição a níveis elevados de luz (Claussen 1996). Se elas sobrevivem à fotoinibição e aos danos fotooxidativos provocados pela intensidade luminosa excessiva, sua morfologia e fisiologia começam a mudar em direção àquelas que as plantas de sol possuem, e tais mudanças são referidas como aclimação (Claussen 1996).

Durante a fase de crescimento no viveiro, as características das mudas que influenciam o subsequente desempenho no campo (sobrevivência e crescimento), frequentemente mudam. Fatores abióticos, como água, nutrientes, temperatura e intensidade luminosa influenciam a qualidade das mudas durante o cultivo (Mattsson 1996). A qualidade também está diretamente relacionada às condições ambientais esperadas após o plantio e também sofre influência do manuseio e da forma de plantio (Davis; Jacobs 2005).

A heterogeneidade do ambiente dificulta a identificação de mudas de alta qualidade, já que mudas mais adequadas para uma determinada área e tempo de plantio podem não ser ideais para outras condições ambientais (Cortina *et al.* 2013). Devido à grande variabilidade do manuseio, do local e das condições climáticas, é importante reconhecer que o desempenho em campo é apenas parcialmente relacionado com os atributos que podem ser medidos no viveiro (Mattsson 1996). Ainda assim, os custos de replantio após perdas causadas pela má qualidade das mudas são tão extensos que a identificação de uma pequena quantidade de mudas com baixo potencial de crescimento é suficiente para que um programa de controle compense e traga benefícios de custo aos produtores (Mattsson 1996).

A forma mais comum e de fácil medição para prognosticar a qualidade de uma muda é a avaliação de suas variáveis morfológicas (Davis; Jacobs 2005). Atributos frequentemente utilizados para isso incluem altura da parte aérea, diâmetro do caule, razão altura/diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, razão massa seca da parte aérea/raiz e o índice de qualidade de Dickson, calculado pela massa seca total dividida pela soma das razões altura/diâmetro e massa seca da parte aérea/raiz (Mattsson 1996). É importante trabalhar com diversas variáveis ao avaliar a qualidade em mudas. Identificar uma única característica que sempre corresponderá ao seu estabelecimento bem sucedido no campo é um pensamento atraente, mas não realista (Jacobs *et al.* 2005).

A altura da parte aérea e o diâmetro do colo são amplamente utilizados para avaliar a qualidade de mudas em viveiros, pois estas variáveis foram correlacionadas, em alguns casos, com a sobrevivência e crescimento após o plantio no campo, além de serem de simples mensuração (Jacobs *et al.* 2005). Mudanças com maior diâmetro possuem mais nutrientes e carboidratos armazenados (Johnson *et al.* 2002), que estão imediatamente disponíveis para suprir a demanda das plantas (Salifu; Timmer 2003) até que o contato entre raiz e solo seja restabelecido para explorar os recursos do local de plantio (Jacobs *et al.* 2005). Além disso, o maior diâmetro propicia que as mudas suportem mais danos físicos (Cleary *et al.* 1978).

Estudos sugerem que a sombra afeta o crescimento de ambas as variáveis, mas o diâmetro do caule é mais negativamente afetado do que o crescimento em altura, o que reduz a razão altura/diâmetro do caule com a queda da intensidade de luz (Petritan *et al.* 2009). Entretanto, em espécies intolerantes à sombra, pode ocorrer crescimento em altura em resposta ao sombreamento, relacionado à síndrome de escape à sombra apresentada por estas espécies (Henry; Aarssen 2001; Taugourdeau *et al.* 2011; Valladares *et al.* 2012). Por isso, deve-se ter cuidado ao utilizar a altura isoladamente na indicação da qualidade de uma muda

(Mattsson 1996), uma vez que o equilíbrio entre o crescimento do caule e seu espessamento pode estar afetado, resultando em mudas de baixa qualidade.

Ainda que a altura seja muitas vezes um indicador prático da condição física de uma muda, devido à sua correlação com o aumento da biomassa (Singhakumara *et al.* 2003), deve-se atentar à distribuição desta biomassa (Claussen 1996). Mudas que possuem acúmulo de biomassa voltado à parte aérea, como em algumas espécies que crescem rapidamente em altura, podem ter a capacidade reduzida de seu sistema radicial em suprir água e nutrientes e de armazenar carbono (Vilela *et al.* 2003; Mendoza-Bautista *et al.* 2011), o que deve torná-las mais vulneráveis à seca (Harvey; Van den Driessche 1997) e afetar seu desenvolvimento no campo (Moraes *et al.* 2010). Logo, a razão de massa seca da parte aérea/raiz reduzida pode indicar alta qualidade em mudas. Plantas aclimatadas em ambientes com alta intensidade luminosa, por exemplo, dedicam grande proporção de massa seca ao desenvolvimento de raiz, o que propicia maior capacidade de captação de água para suportar suas maiores taxas de transpiração e fotossíntese nestes ambientes (Poorter; Nagel 2000).

Na tentativa de unir diversas variáveis para avaliar a qualidade de mudas, foram desenvolvidos índices como o índice de qualidade de Dickson (Dickson *et al.* 1960), em que diferentes características morfológicas são combinadas. Este índice considera diversos parâmetros empregados na avaliação de qualidade e indica o equilíbrio da distribuição de biomassa da muda (Fonseca *et al.* 2002). O índice foi considerado uma promissora medida morfológica integrada (Johnson; Cline 1991), mas deve ser mais explorado a fim de se obter valores para indicar qualidade em mudas de diferentes espécies (Leles *et al.* 2006), assim como Hunt (1990) recomendou índice mínimo de 0,2 para mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco e *Picea abies* L. cultivadas em recipientes de 50 ou 60 cm³.

1.2 PLASTICIDADE FENOTÍPICA E ACLIMATAÇÃO

Múltiplos fatores influenciam o desempenho das plantas em curto e longo prazo (Walter *et al.* 2007). Fatores ambientais, como precipitação anual, sazonalidade, intensidade e qualidade luminosa e fertilidade do solo modulam as características morfológicas e fisiológicas das plantas (Cornwell; Ackerly 2009).

É notável a capacidade das plantas de alterar sua estrutura e fisiologia sob um conjunto particular de condições ambientais, pela aclimatação. Isto é possibilitado devido à existência da plasticidade fenotípica, ou seja, a capacidade de um determinado genótipo de se diferenciar em diferentes fenótipos sob condições ambientais contrastantes (Valladares;

Niinemets 2008), que culmina em alterações no padrão de crescimento e produção das plantas (Björkman 1981).

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não apenas por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por prover sinais que regulam seu desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades e qualidade espectral (Zanella *et al.* 2006). A luz é, ainda, o principal fator ambiental que regula o desenvolvimento do aparelho fotossintético nas plantas (Jiang *et al.* 2011). Por estas razões, é um dos fatores mais determinantes para o estabelecimento, crescimento e sobrevivência das plantas em florestas (Rijkers *et al.* 2000; Rozendaal *et al.* 2006).

As plantas que apresentam plasticidade morfofisiológica são capazes de responder diferencialmente a níveis de radiação solar no ambiente por alterações anatômicas, morfológicas e fotossintéticas (Pandey; Kushwaha 2005; Oguchi *et al.* 2005; Warren *et al.* 2007). Estas respostas variam desde uma aclimação imediata, principalmente fisiológica, até um ajuste em longo prazo, que torna um fenótipo diferenciado (Valladares; Pearcy 1997; Silvertown 1998).

A aclimação ao aumento de intensidade luminosa do ambiente promove a diferenciação de folhas típicas de sol (Murchie; Horton 1997). Estas, em comparação com as folhas de sombra, são tipicamente mais espessas, menores e com parênquima paliçádico mais espesso, menor área foliar específica, maior concentração de nitrogênio por área foliar, menos clorofila por unidade de massa foliar (com empobrecimento de clorofila b), maiores níveis de ribulose bifsfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e de carregadores de transporte de elétrons por unidade de área foliar, mais pigmentos fotoprotetores (como carotenoides) e maior ponto de compensação luminoso (Walters 2005; Niinemets 2007; Favaretto *et al.* 2011; Jiang *et al.* 2011). Devido a estas características, folhas de sol têm maior tolerância à alta luminosidade, pois proporcionam altas taxas de assimilação de carbono e capacidade aprimorada de dissipar o excesso de energia luminosa, enquanto folhas de sombra são mais susceptíveis a sofrer danos pelo excesso de luz (Demmig-Adams; Adams 1992).

O grau de resposta ao aumento de luz varia entre as espécies em função de sua tolerância à sombra (Cano *et al.* 2011). Sob intensidades luminosas contrastantes, espécies pioneiras ou intolerantes à sombra, como as avaliadas no presente estudo, normalmente apresentam plasticidade maior na taxa de produção de folhas e na taxa fotossintética, comparadas com espécies tardias ou tolerantes à sombra (Givnish 1988; Ishida *et al.* 1999; Portsmouth; Niinemets 2007). Entretanto, é provável que algumas características

sejam mais plásticas nas espécies pioneiras, enquanto outras são nas tardias (Yamashita *et al.* 2002).

A aclimatação foliar à luz não é apenas espécie-específica, mas também depende da ontogenia foliar (Cano *et al.* 2011; Terashima *et al.* 2011). Pouco tempo após a exposição à alta intensidade luminosa, o processo de aclimatação depende de alterações bioquímicas e fisiológicas das folhas pré-existentes, porém, novas folhas são produzidas com o tempo, em equilíbrio funcional e estrutural com o novo ambiente de luz (Valladares *et al.* 2000b). Portanto, a aclimatação foliar à alteração de intensidade luminosa no ambiente pode ocorrer em folhas maduras já existentes (Oguchi *et al.* 2006), em folhas novas ou imaturas, aclimatadas à nova condição de luz (Strauss-Debenedetti; Bazzaz 1991), ou em ambas (Yamashita *et al.* 2000).

A capacidade da folhagem pré-existente de se aclimatar a mudanças no ambiente de luz requer a transição de uma alta eficiência de utilização de luz sob baixas irradiâncias para uma alta taxa fotossintética sob altas irradiâncias (Hikosaka; Terashima 1995), o que aumenta a assimilação total de carbono e reduz a susceptibilidade de sofrer fotoinibição (Krause *et al.* 2001). Um determinante fundamental da taxa fotossintética máxima destas folhas é a anatomia foliar, pelo espessamento do parênquima paliçádico (Tognetti *et al.* 1998; Oguchi *et al.* 2006), embora Yamashita *et al.* (2002) tenham relatado que a aclimatação de folhas já expandidas seja principalmente relacionada a ajustes bioquímicos, ao invés de alterações anatômicas. Já a aclimatação a intensidades luminosas muito altas parece ser atingida apenas por folhas em expansão ou não completamente maduras no momento da transferência (Terashima; Hikosaka 1995).

Sabe-se que a luz é um recurso limitante fundamental para a fotossíntese. A sombra profunda é prejudicial para este processo, porém, a exposição ao sol pleno também pode limitar o crescimento e a sobrevivência das plantas (Valladares *et al.* 2002; Lusk *et al.* 2008). Sob altas intensidades luminosas, a energia da luz interceptada pelas folhas pode superar os requisitos do maquinário fotossintético e provocar fotoinibição, que pode ser dinâmica ou crônica (Matos *et al.* 2009; Moraes *et al.* 2010).

A fotoinibição dinâmica é reversível e está associada à dissipação térmica do excesso de energia absorvida, o que indica que a redução na eficiência fotoquímica é um resultado parcial dos mecanismos de fotoproteção, ao invés de ter ocorrido danos oxidativos ao aparato fotossintético (Thiele *et al.* 1996). A fotoinibição crônica, por outro lado, ocorre quando o excesso de luz absorvida gera uma série de espécies reativas de oxigênio (ERO), que podem causar danos ao aparelho fotossintético (Mittler 2002). ERO, como radicais

superóxidos (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), radicais hidroxilas (OH^*) e oxigênio singleto (1O_2), são altamente reativas e, na ausência de um mecanismo protetor, podem seriamente interromper ou afetar o metabolismo normal, causando danos oxidativos aos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (Rout & Shaw 2001; Moraes *et al.* 2010). A produção de ERO nas células vegetais é aumentada por condições que limitam a fixação de CO_2 , como os estresses por déficit hídrico, sal, calor e frio, ou pela combinação destas condições com a alta luminosidade (Miller *et al.* 2008).

Por ser um fenômeno comum nos trópicos (Houter; Pons 2005), onde a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos atinge níveis acima de $1800 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ (Larcher 2003), a fotoinibição é particularmente relevante ao planejar o reflorestamento destas áreas. Como as mudas são normalmente cultivadas em viveiro sob condições bem irrigadas (Maruyama *et al.* 2005), e quando são transplantadas no campo se tornam expostas, além da alta intensidade luminosa (Favaretto *et al.* 2011), a fatores estressantes adicionais (déficit hídrico e alta temperatura), há grande potencial de sofrerem fotoinibição (Alves *et al.* 2002). Como as características de plantas de sombra as tornam mais susceptíveis à luz, à seca e ao calor, no caso de repentina exposição à alta irradiância (Lovelock *et al.* 1994), a longa exposição a níveis elevados de luz no campo pode ser desastrosa e até mesmo resultar na morte destas plantas (Powles 1984; Demmig-Adams; Adams 1992). Por esta razão, plantas cultivadas desta forma não devem apresentar estabelecimento satisfatório em áreas abertas, sem antes passarem pelo processo de aclimação (Mattsson 1996).

Mudas de espécies pioneiras, devido à sua menor susceptibilidade à fotoinibição, são mais predispostas a se aclimatar a altas intensidades luminosas do que espécies intermediárias ou tardias da sucessão (Favaretto *et al.* 2011). Como a capacidade de lidar com a fotoinibição varia entre diferentes espécies de plantas (Krause *et al.* 1995; Kitao *et al.* 2006), conhecer a capacidade de uma espécie de se aclimatar a diferentes condições luminosas e sua susceptibilidade à fotoinibição se torna relevante, quando espécies de plantas têm que competir entre si por espaço e recursos limitados (Krause *et al.* 2001).

1.3 ESTRUTURA FOLIAR E TROCAS GASOSAS

As características morfológicas e a estrutura anatômica das folhas possuem papel crucial na regulação do desempenho fotossintético, provendo suporte estrutural para a difusão de gases e para a otimização da atividade fotossintética (Terashima; Inoue 1985). Terashima *et al.* (2011) descreveram a importância do suprimento de CO_2 aos sítios de

carboxilação da Rubisco. Se a concentração de CO₂ no estroma do cloroplasto torna-se baixa, a taxa de carboxilação da Rubisco diminui, enquanto a taxa de oxigenação aumenta (primeiro passo para a fotorrespiração). Sob tais condições, a energia luminosa e outros recursos, incluindo nitrogênio e água, são desperdiçados, o que leva, eventualmente, à redução da aptidão física da planta. Portanto, mudanças na morfologia/anatomia foliar, condutância de CO₂/H₂O e bioquímica fotossintética são aspectos fundamentais da aclimatação da planta à alta irradiância e estão relacionadas com seu crescimento e sobrevivência (Hanba *et al.* 2002).

Em folhas de sol, por exemplo, a alta densidade de estômatos, associada à alta condutância estomática (gs), parecem ser características típicas e pré-requisitos para as maiores taxas fotossintéticas (A_{max}) destas folhas (Boardman 1977; Sun *et al.* 2003; Sarijeva *et al.* 2007). Inevitavelmente, a alta condutância de CO₂ através dos estômatos envolve grande perda de água por transpiração (Hanba *et al.* 2002). Mesmo em florestas temperadas, as altas intensidades de luz no verão são frequentemente acompanhadas por altas temperaturas foliares, que resultam em alto gradiente de pressão de vapor de água ar-folha (Hanba *et al.* 2002). Isto induz o fechamento dos estômatos próximo ao meio dia e reduz a taxa de transpiração (E) e a fotossíntese (Kamakura *et al.* 2011). Entretanto, por regular ativamente a gs, as plantas são capazes de ajustar o suprimento de CO₂ para suprir a demanda fotossintética enquanto minimizam a taxa de transpiração (Farquhar *et al.* 1989). A eficiência do uso da água (EUA), que é a razão A_{max}/E, é positivamente relacionada com a tolerância ao déficit hídrico e seu aumento pode ser adaptativo em ambientes propensos à seca (Dawson *et al.* 2004), embora a disponibilidade de luz, nutrientes e CO₂ também influenciem esta variável (Abrams; Mostoller 1995; Valladares *et al.* 2000a; Niinemets; Valladares 2004).

Em algumas espécies, a aclimatação à alta intensidade luminosa é caracterizada pela maximização da EUA, ao invés do aumento do ganho líquido de carbono pela folha, e isto deve estar relacionado ao déficit hídrico enfrentado pelas folhas sob altas luminosidades (Hanba *et al.* 2002). Entretanto, em espécies exigentes de luz, a EUA pode não aumentar, ou se tornar mais baixa, quando são submetidas à alta intensidade luminosa. Possivelmente, isso ocorre porque, nestas espécies, o aumento da taxa de fotossintética, concomitante à elevação da taxa de transpiração, contribui para reduzir os efeitos do excesso de luz durante a exposição a altas intensidades luminosas, devido à manutenção de uma alta eficiência fotoquímica do fotossistema II e à diminuição da temperatura foliar, que reduzem os riscos de superaquecimento e fotoinibição de suas folhas (Kitajima 1994; Poorter 1999; Krause *et al.* 2001; Cano *et al.* 2011).

Terashima *et al.* (2011) discutiram a intrínseca relação do aumento da Amax com o aumento da espessura do limbo em folhas de sol. De acordo com os autores, o aumento da taxa fotossintética por área foliar destas folhas depende do aumento da quantidade de Rubisco por unidade de área. O aumento da atividade desta enzima, por sua vez, depende de uma maior superfície de mesofilo em contato com espaços intercelulares (Smes), um pré-requisito para o aumento da superfície de cloroplastos voltadas a estes espaços (Sc). Uma maior Smes pode ser alcançada pelo aumento da altura das células, especialmente do parênquima paliçádico, o que pode explicar porque folhas de sol são mais espessas do que folhas de sombra (Terashima *et al.* 2001). Folhas espessas e, presumivelmente, com extensas Smes, são mais propícias a apresentar altas taxas fotossintéticas em ambientes com alta intensidade luminosa (Terashima *et al.* 2011).

Outra alteração, entre as mais notáveis em indivíduos crescendo em ambientes contrastantes, é o tamanho da folha, considerada o principal atributo que controla a interceptação de luz (Bartelink 1997). Esta variável responde plasticamente à intensidade luminosa e a outros diversos fatores ambientais locais, como temperatura e precipitação (Nicotra *et al.* 2011).

Uma explicação para a variação observada no tamanho da folha é a sua influência nas propriedades térmicas da folha (Murphy *et al.* 2012). Em folhas grandes, a camada de ar limítrofe é espessa, o que aumenta a resistência à difusão de vapor de água e CO₂ e, conseqüentemente, reduz a perda de calor convectivo (Parkhurst; Loucks 1972). Isto implica que folhas de sol, que são menores, são capazes de manter temperaturas mais baixas mais efetivamente em ambientes quentes e secos (Poorter; Rozendaal 2008). As temperaturas mais elevadas atingidas por folhas maiores sob alta irradiância resultam em aumentos desproporcionais de transpiração em relação à fotossíntese (Murphy *et al.* 2012).

Um segundo ponto de vista é que a variação da área foliar é resultado da otimização da alocação de recursos, de acordo com as condições ambientais (Murphy *et al.* 2012). A porção de biomassa disponível para o tecido fotossintético é relativamente menor em folhas maiores, que requerem maior investimento em suporte e em tecidos condutores (Niinemets *et al.* 2007). Assim, com esta premissa, conclui-se que folhas menores são favorecidas sob condições estressantes, já que a construção de folhas maiores se torna cara, especialmente quando carbono ou água são escassos (Murphy *et al.* 2012).

Segundo Murphy *et al.* (2012), a expansão da folha pode controlar passivamente a densidade estomática em algumas espécies. A menos que a expansão seja acompanhada pelo aumento na iniciação de divisões para formar novos estômatos, uma maior

expansão foliar resulta em densidades menores de estômatos, já que a diferenciação dos mesmos ocorre antes da expansão foliar ser finalizada (Zwieniecki *et al.* 2004; Murphy *et al.* 2012). Esta coordenação da expansão foliar e densidade estomática seria um meio econômico de maximizar a produção fotossintética por unidade de investimento em estômatos (Brodrribb & Jordan 2011; Murphy *et al.* 2012).

Geralmente, a área foliar reduzida de folhas de sol de uma mesma espécie é acompanhada pelo maior espessamento do limbo, resultando na diminuição da área foliar por unidade de massa seca (área foliar específica; AFE), em comparação com folhas de sombra (Favaretto *et al.* 2011). Sabe-se que a irradiância é o principal fator que promove mudanças na AFE, apesar de já ter sido reportado que o déficit hídrico seja um fator ambiental que também pode modificá-la (Aranda *et al.* 2005). A AFE é importante para maximizar o crescimento, pois é fortemente relacionada à taxa fotossintética e ao balanço de carbono da planta (Rozendaal *et al.* 2006).

Em folhas de sombra, o aumento da AFE tem sido interpretado como um mecanismo que favorece a captura de luz (Aranda *et al.* 2005; Favaretto *et al.* 2011). No entanto, a maior área por volume foliar, derivada da maior AFE, torna a folha menos eficiente no controle da perda de água sob condições secas (Aranda *et al.* 2005). A luz possui maior importância em determinar a AFE do que o déficit hídrico, e isso implica no notável papel da luz na aclimação de mudas, já que a aclimação à sombra aumentaria o risco de uma baixa tolerância à seca (Aranda *et al.* 2005).

Estudos ecofisiológicos de respostas de plantas a condições microclimáticas similares a áreas desflorestadas, com alta intensidade luminosa e déficit hídrico, esclarecem possíveis respostas de indivíduos jovens nestas áreas (Craven *et al.* 2011) e são essenciais para aprimorar o crescimento e o estabelecimento de mudas em florestas tropicais (Myers *et al.* 2000; Montgomery; Chazdon 2002), já que a fase de estabelecimento é o período mais crítico para sua sobrevivência (Ivancich *et al.* 2012). Informações sobre as características estruturais, a estratégia de crescimento e o comportamento de uma espécie são de grande importância em atividades de restauração (Joesting *et al.* 2009) e essenciais para a escolha de espécies para locais de plantio adequados.

A partir do exposto pode-se deduzir que a aclimação visa a produção de mudas com maior rusticidade, que pode ser avaliada a partir de mensurações de parâmetros relacionados com a fotossíntese, condutância estomática, transpiração foliar e aspectos da morfologia e anatomia das plantas. Levando isto em consideração e utilizando-se de mudas de espécies intolerantes à sombra utilizadas em reflorestamentos de Floresta Estacional

Semidecidual, como *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae), este estudo teve como objetivo verificar a influência do processo de aclimação implementado em viveiros sobre as mudas destas espécies, a partir de avaliações de parâmetros relacionados às trocas gasosas nas folhas e às características morfológicas e anatômicas das plantas.

2 ESPÉCIES ESTUDADAS

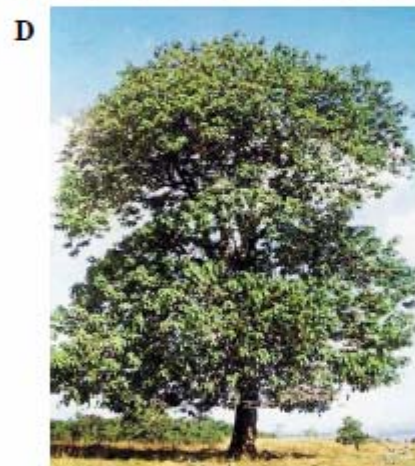
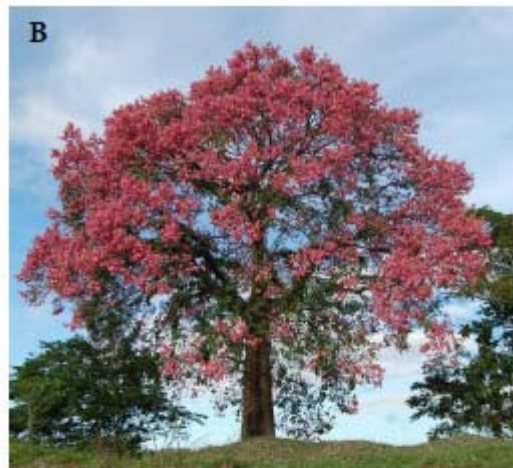
2.1 *CEIBA SPECIOSA* (A.ST.-HIL.) RAVENNA (MALVACEAE)

Ceiba speciosa (Paineira; Fig. 1A) é uma espécie arbórea de grande porte, nativa, decídua, heliófita, anemocórica e de crescimento rápido (Durigan *et al.* 2002). Sua área de ocorrência abrange, no Brasil, os biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Duarte 2014). Ocorre principalmente na Floresta Estacional Semidecidual (Souza *et al.* 2003), tanto em terrenos secos de encosta, quanto às margens de rios, em solos úmidos (Durigan *et al.* 2002). Comporta-se como secundária inicial (Durigan *et al.* 2002), embora também tenha sido classificada como climácica, exigente de luz (Carvalho *et al.* 2006). Chega a germinar no interior de florestas primárias, porém, não se desenvolve sem a presença de luz direta, ocupando clareiras e colonizando áreas abertas (Durigan *et al.* 2002). Resiste a geadas fracas e fica totalmente desprovida de folhas por longo período do ano (Durigan *et al.* 2002). Os indivíduos atingem porte adequado para o plantio cerca de quatro meses após a semeadura e iniciam o processo reprodutivo entre cinco e dez anos (Durigan *et al.* 2002). No Brasil, apesar da importância econômica restrita, esta espécie tem grande potencial ornamental e em reflorestamentos protetivos (Durigan *et al.* 2002).

2.2 *CROTON FLORIBUNDUS* SPRENG. (EUPHORBIACEAE)

Croton floribundus (Capixingui; Fig. 1B) é uma espécie arbórea, nativa, pioneira, heliófita, autocórica, de crescimento rápido e ciclo de vida curto. (Durigan *et al.* 2002). No Brasil, ocorre na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Cordeiro *et al.* 2014). Em florestas primárias, poucos indivíduos de grande porte da espécie ocupam o estrato superior do dossel, mas a espécie é abundante em formações secundárias, clareiras e bordas de mata (Durigan *et al.* 2002). Os indivíduos atingem porte adequado para o plantio cerca de quatro meses após a germinação e iniciam a frutificação precocemente, cerca de três anos após o plantio (Durigan *et al.* 2002). Esta espécie é prioritária para reflorestamentos mistos, protetivos ou comerciais, com o intuito de sombrear espécies de estágios mais avançados da sucessão (Durigan *et al.* 2002).

Figura 1 – Indivíduo jovem (muda) (A) e adulto (B) de *Ceiba speciosa*. Indivíduo jovem (C) e adulto (D) de *Croton floribundus*. Indivíduo jovem (E) e adulto (F) de *Cecropia pachystachya*. As fotos dos indivíduos adultos de *C. speciosa*, *C. floribundus* e *C. pachystachya* estão disponíveis, respectivamente, em: <http://vilarealpalmeiras.blogspot.com.br/2013/09/paineira-ceiba-speciosa.html>, acesso em abril de 2014; <http://mudasnativas.biz/arvores-nativas-de-capixingui-mudas-de-capixingui>, acesso em abril de 2014; <http://www.panoramio.com/photo/82799928>, acesso em abril de 2014.



2.3 *CECROPIA PACHYSTACHYA* TRÉCUL (URTICACEAE)

Cecropia pachystachya (Embaúba-do-brejo; Fig. 1C) é uma espécie arbórea de pequeno porte, nativa, pioneira, heliófita, de crescimento rápido e ciclo de vida curto (Durigan *et al.* 2002). Apresenta ampla distribuição geográfica (Lok *et al.* 2010) e, no Brasil, ocorre na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Romaniuc; Gaglioti 2014). Na Floresta Estacional Semidecidual, ocorre tanto em terrenos secos, quanto em solos permanentemente úmidos ou inundáveis periodicamente (Durigan *et al.* 2002). É abundante em áreas com alta intensidade luminosa, como bordas de florestas, florestas secundárias e terras agrícolas abandonadas (Lok *et al.* 2010). Apesar de ser altamente susceptível a geadas, as plantas rebrotam a partir do colo, após a destruição da parte aérea (Durigan *et al.* 2002). Os indivíduos iniciam a reprodução por volta dos quatro anos de idade (Durigan *et al.* 2002). Sem valor comercial significativo, esta espécie é de grande importância ecológica para reflorestamentos mistos, pois fornece sombreamento rápido para outras espécies e alimento para a fauna silvestre, especialmente aves e morcegos, que dispersam suas sementes (Durigan *et al.* 2002).

REFERÊNCIAS

- Abrams, M.D. & Mostoller, S.A. 1995. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. **Tree physiology** **15**(6): 361-370.
- Allen, C.D.; Macalady, A.K.; Chenchouni, H.; Bachelet, D.; McDowell, N.; Vennetier, M.; Kitzberger, T.; Rigling, A.; Breshears, D.D.; Hogg, E.H.; Gonzalez, P.; Fensham, R.; Zhang, Z.; Castro, J.; Demidova, N. Lim, J.H.; Allard, G.; Running, S.W.; Semerci, A. & Cobb, N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. **Forest Ecology and Management** **259**(4): 660-684.
- Alves, P.L.C.A.; Magalhães, A.C.N. & Barja, P.R. 2002. The phenomenon of photoinhibition of photosynthesis and its importance in reforestation. **The Botanical Review** **68**(2): 193-208.
- Aranda, I.; Castro, L.; Pardos, M.; Gil, L. & Pardos, J.A. 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. **Forest Ecology and Management** **210**(1-3): 117-129.
- Bartelink, H.H. 1997. Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L.). **Annals of Forest Science** **54**(1):39-50.
- Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. Pp. 57-107. In: Lange, O.L.; Nobel, P.S.; Osmond, C.B. & Ziegler, H. (Eds.). **Encyclopedia of Plant Physiology, New Series**. New York, Springer-Verlag.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **28**: 355-377.
- Brodribb, T.J. & Jordan, G.J. 2011. Water supply and demand remain balanced during leaf acclimation of *Nothofagus cunninghamii* trees. **New Phytologist** **192**(2): 437-448.
- Cano, F.J.; Sánchez-Gómez, D.; Gascó, A.; Rodríguez-Calcerrada, J.; Gil, L.; Warren, C.R. & Aranda, I. 2011. Light acclimation at the end of the growing season in two broadleaved oak species. **Photosynthetica** **49**(4): 581-592.
- Carvalho, L.R.; Silva, E.A.A. & Davide, A.C. 2006. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes** **28**(2): 15-25.
- Claussen, J.W. 1996. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management** **80**(1-3): 245-255.
- Cleary, B.D.; Greaves, R.D. & Owston, P.W. 1978. Seedlings. Pp. 63-98. In: Cleary, B.D.; Greaves, R.D. & Hermann, R.K. (Eds.). **Regenerating Oregon's forests**. Corvallis, Oregon State University Extension Service.
- Cordeiro, I.; Secco, R.; Carneiro-Torres, D.S.; Lima, L.R.; Caruzo, M.B.R.; Berry, P.; Riina, R.; Silva, O.L.M.; Silva, M.J. & Sodr e, R.C. 2014. **Lista de Espécies da Flora do Brasil: Croton**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17512>. Acessado em 09 mar. 2014.

- Cornwell, W.K. & Ackerly, D.D. 2009. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. **Ecological Monographs** **79**(1): 109-126.
- Cortina, J.; Vilagrosa, A. & Trubat, R. 2013. The role of nutrients for improving seedling quality in drylands. **New Forests** **44**(5): 719-732.
- Craven, D.; Dent, D.; Braden, D.; Ashton, M.S.; Berlyn, G.P. & Hall, J.S. 2011. Seasonal variability of photosynthetic characteristics influences growth of eight tropical tree species at two sites with contrasting precipitation in Panama. **Forest Ecology and Management** **261**(10): 1643-1653.
- Davis, A.S. & Jacobs, D.F. 2005. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests** **30**(2-3): 295-311.
- Dawson, T.E.; Ward, J.K. & Ehleringer, J.R. 2004. Temporal scaling of physiological responses from gas exchange to tree rings: a gender-specific study of *Acer negundo* (Boxelder) growing under different conditions. **Functional Ecology** **18**(2): 212-222.
- Demmig-Adams, B. & Adams, W.W. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **43**: 599-626.
- Dickson, A.; Leaf, A.L. & Hosner, J.F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle** **36**(1): 10-13.
- Duarte, M.C. 2014. **Lista de Espécies da Flora do Brasil: Ceiba**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9037>. Acessado em 09 mar. 2014.
- Durigan, G.; Figliolia, M.B.; Kawabata, M.; Garrido, M.A.O. & Baitello, J.B. 2002. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. São Paulo, Páginas & Letras.
- Dutra, T. 2010. **Crescimento e nutrição de mudas de Copaíba em dois volumes de substratos e níveis de sombreamento**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- Farquhar, G.D.; Ehleringer, J.R. & Hubick, K.T. 1989. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **40**: 503-537.
- Favaretto, V.F.; Martinez, C.A.; Soriani, H.H. & Furriel, R.P.M. 2011. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environmental and Experimental Botany** **70**(1): 20-28.
- Fonseca, C.R.; Ganade, G.; Baldissera, R.; Becker, C.G.; Boelter, C.R.; Brescovit, A.D.; Campos, L.M.; Fleck, T.; Fonseca, V.S.; Hartz, S.M.; Jones, F.; Käffer, M.I.; Leal-Zanchet, A.M.; Marcelli, M.P.; Mesquita, A.S.; Mondin, C.A.; Paz, C.P.; Petry, M.V.; Piovensan, F.N.; Putzke, J.; Stranz, A.; Vergara, M. & Vieira, E.M. 2009. Towards an ecologically sustainable forestry in the Atlantic Forest. **Biological Conservation** **142**(6): 1209-1219.

Fonseca, E.P.; Valéri, S.V.; Miglioranza, E.; Fonseca, N.A.N. & Couto, L. 2002. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore** **26**(4): 515-523.

Fundação SOS Mata Atlântica & INPE. 2011. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica - período 2008-2010**. São Paulo, Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Givnish, T.J. 1988. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology** **15**(2): 63-92.

Gomes, J.M.; Couto, L.; Leite, H.G.; Xavier, A. & Garcia, S.L.R. 2002. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore** **26**(6): 655-654.

Griscom, H.P.; Ashton, P.M.S. & Berlyn, G.P. 2005. Seedling survival and growth of native tree species in pastures: implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. **Forest Ecology and Management** **218**(1-3): 306-318.

Guariguata, M.R. & Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management** **148**(1-3): 185-206.

Hanba, Y.T.; Kogami, H. & Terashima, I. 2002. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant, Cell & Environment** **25**(8): 1021-1030.

Harvey, H.P. & Van den Driessche, R. 1997. Nutrition, xylem cavitation and drought resistance in hybrid poplar. **Tree physiology** **17**(10): 647-54.

Henry, H.A.L. & Aarssen, L.W. 2001. Inter and intraspecific relationships between shade tolerance and shade avoidance in temperate trees. **Oikos** **93**(3): 477-487.

Hikosaka, K. & Terashima, I. 1995. A model of the acclimation of photosynthesis in the leaves of C3 plants to sun and shade with respect to nitrogen use. **Plant, Cell & Environment** **18**(6): 605-618.

Houter, N.C. & Pons, T.L. 2005. Gap size effects on photoinhibition in understory saplings in tropical rainforest. **Plant Ecology** **179**(1): 43-51.

Hunt, G.A. 1990. Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings. **Proceedings of Western Forest Nursery Association, RM-200**: 218-222.

Ishida, A.; Nakano, T.; Matsumoto, Y.; Sakoda, M. & Ang, L.H. 1999. Diurnal changes in leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in tropical tree species with contrasting light requirements. **Ecological Research** **14**(2): 77-88.

Ivancich, H.S.; Lencinas, M.V.; Pastur, G.J.M.; Esteban, R.M.S.; Hernández, L. & Lidstrom, I. 2012. Foliar anatomical and morphological variation in *Nothofagus pumilio* seedlings under controlled irradiance and soil moisture levels. **Tree physiology** **32**(5): 554-564.

- Jacobs, D.F.; Ross-Davis, A.L. & Davis A.S. 2004. Establishment success of conservation tree plantations in relation to silvicultural practices in Indiana, USA. **New Forests** **28**(1): 23-36.
- Jacobs, D.F.; Salifu, K.F. & Seifert, J.R. 2005. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests** **30**(2-3): 235-251.
- Jiang, C.D.; Wang, X.; Gao, H.Y.; Shi, L. & Chow, W.S. 2011. Systemic regulation of leaf anatomical structure, photosynthetic performance, and high-light tolerance in sorghum. **Plant physiology** **155**(3): 1416-24.
- Joesting, H.M.; McCarthy, B.C. & Brown, K.J. 2009. Determining the shade tolerance of American chestnut using morphological and physiological leaf parameters. **Forest Ecology and Management** **257**(1): 280-286.
- Johnson, J.D. & Cline, M.L. 1991. Seedling quality of southern pines. Pp. 143-159. In: Duryea, M.L. & Dougherty, P.M. (Eds.) **Forest Regeneration Manual**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Johnson, P.S.; Shifley, S.R. & Rogers, R. 2002. **The ecology and silviculture of oaks**. New York, CABI Publishing.
- Juhrbandt, J.; Leuschner, C. & Hölscher, D. 2004. The relationship between maximal stomatal conductance and leaf traits in eight Southeast Asian early successional tree species. **Forest Ecology and Management** **202**(1-3): 245-256.
- Kamakura, M.; Kosugi, Y.; Takanashi, S.; Matsumoto, K.; Okumura, M. & Philip, E. 2011. Patchy stomatal behavior during midday depression of leaf CO₂ exchange in tropical trees. **Tree Physiology** **31**(2): 160-168.
- Kitajima, K. 1994. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia** **98**(3-4): 419-428.
- Kitao, M.; Yoneda, R.; Tobita, H.; Matsumoto, Y.; Maruyama, Y.; Arifin, A.; Azani, A.M. & Muhamad, M.N. 2006. Susceptibility to photoinhibition in seedlings of six tropical fruit tree species native to Malaysia following transplantation to a degraded land. **Trees** **20**(5): 601-610.
- Krause, G.H.; Virgo, A. & Winter, K. 1995. High susceptibility to photoinhibition of young leaves of tropical forest trees. **Planta** **197**(4): 583-591.
- Krause, G.H.; Koroleva, O.Y.; Dalling, J.W. & Winter, K. 2001. Acclimation of tropical tree seedlings to excessive light in simulated tree-fall gaps. **Plant, Cell & Environment** **24**(12): 1345-1352.
- Larcher, W. 2003. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Berlin, Springer.
- Leles, P.S.S; Lisboa, A.C.; Oliveira Neto, S.N.; Grugiki, M.A. & Ferreira, M.A. 2006. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente** **13**(1): 69-78.

- Lopes, A.V. Girão, L.C.; Santos, B.A.; Peres, C.A. & Tabarelli, M. 2009. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic Forest fragments. **Biological Conservation** **142**(6): 1154-1165.
- Lovelock, C.E.; Jebb, M. & Osmond, C.B. 1994. Photoinhibition and recovery in tropical plant species: response to disturbance. **Oecologia** **97**(3): 297-307.
- Lok, A.F.S.; Tan, K.; Chong, K.Y.; Nghiem, T.P.L. & Tan, H.T.W. 2010. The distribution and ecology of *Cecropia* species (Urticaceae) in Singapore. **Nature in Singapore** **3**: 199-209.
- Lusk, C.H.; Reich, P.B.; Montgomery, R.A.; Ackerly, D.D. & Cavender-Bares, J. 2008. Why are evergreen leaves so contrary about shade? **Trends in Ecology & Evolution** **23**(6): 299-303.
- Maruyama, Y.; Nakamura, S.; Marengo, R.A.; Vieira, G. & Sato, A. 2005. Photosynthetic traits of seedlings of several tree species in an Amazonian forest. **Tropics** **14**(3): 211-219.
- Matos, F.S.; Wolfgramm, R.; Gonçalves, F.V.; Cavatte, P.C.; Ventrella, M.C. & DaMatta, M. 2009. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. **Environmental and Experimental Botany** **67**(2): 421-427.
- Mattsson, A. 1996. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests** **13**(1-3): 227-252.
- Mendoza-Bautista, C.; García-Moreno, D.A. & Castro-Zavala, S. 2011. Radiación solar y calidad de planta em una plantación de Vara de Perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.). **Agrociencia** **45**(2) 235-243.
- Miller, G.; Shualev, V. & Mittler, R. 2008. Reactive oxygen signaling and abiotic stress. **Physiologia plantarum** **133**(3): 481-489.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science** **7**(9): 405-410.
- Montgomery, R.A. & Chazdon, R.L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia** **131**(2): 165-174.
- Moraes, G.A.B.K.; Chaves, A.R.M.; Martins, S.C.V.; Barros, R.S. & DaMatta, F.M. 2010. Why is it better to produce coffee seedlings in full sunlight than in the shade? A morphophysiological approach. **Photosynthetica** **48**(2): 199-207.
- Murchie, E.H. & Horton, P. 1997. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. **Plant, Cell & Environment** **20**(4): 438-448.
- Murphy, M.R.C.; Jordan, G.J. & Brodribb, T.J. 2012. Differential leaf expansion can enable hydraulic acclimation to sun and shade. **Plant, cell & environment** **35**(8): 1407-1418.
- Myers, G.P.; Newton, A.C. & Melgarejo, O. 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management** **127**(1-3): 119-128.

- Myers, N. & Knoll, A.H. 2001. The biotic crises and the future of evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **98**(10): 5389-5392.
- Nambiar, E.K.S. & Sands, R. 1993. Competition for water and nutrients in forests. **Canadian Journal of Forest Research** **23**(10): 1955-1968.
- Nicotra, A.B.; Leigh, A.; Boyce, C.K.; Jones, C.S.; Niklas, K.J.; Royer, D.L. & Tsukaya, H. 2011. The evolution and functional significance of leaf shape in the angiosperms. **Functional Plant Biology** **38**(7): 535-52.
- Niinemets, Ü. 2007. Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. **Plant, Cell & Environment** **30**(9): 1052-71.
- Niinemets, Ü. & Valladares, F. 2004. Photosynthetic acclimation to simultaneous and interacting environmental stresses along natural light gradients: optimality and constraints. **Plant Biology** **6**(3): 254-268.
- Niinemets, Ü.; Portsmouth, A.; Tena, D.; Tobias, M; Matesanz, S. & Valladares, F. 2007. Do we underestimate the importance of leaf size in plant economics? Disproportional scaling of support costs within the spectrum of leaf physiognomy. **Annals of Botany** **100**(2): 283-303.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K. & Hirose, T. 2005. Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. **Plant, Cell & Environment** **28**(7): 916-927.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K.; Hiura, T. & Hirose, T. 2006. Leaf anatomy and light acclimation in woody seedlings after gap formation in a cool-temperate deciduous forest. **Oecologia** **149**(4): 571-82.
- Parkhurst, D.F. & Loucks, O.L. 1972. Optimal leaf size in relation to environment. **Journal of Ecology** **60**(2): 505-537.
- Pandey, S. & Kushwaha, R. 2005. Leaf anatomy and photosynthetic acclimation in *Valeriana jatamansi* L. grown under high and low irradiance. **Photosynthetica** **43**(1): 85-90.
- Petritan, A.M.; Lüpke, B. & Petritan, I.C. 2009. Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech (*Fagus sylvatica* L.), maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) saplings. **European Journal of Forest Research** **128**(1): 61-74.
- Poorter, H. & Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plant to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology** **27**(12): 595-607.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology** **13**(3): 396-410.
- Poorter, L. & Rozendaal, D.M.A. 2008. Leaf size and leaf display of thirty-eight tropical tree species. **Oecologia** **158**(1): 35-46.

- Portsmouth, A. & Niinemets, Ü. 2007. Structural and physiological plasticity in response to light and nutrients in five temperate deciduous woody species of contrasting shade tolerance. **Functional Ecology** **21**(1): 61-77.
- Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. **Annual Review of Plant Physiology** **35**: 15-44.
- Rey Benayas, J.M.; Newton, A.C.; Diaz, A. & Bullock, J.M. 2009. Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. **Science** **325**(5944): 1121-1124.
- Rijkers, T.; Pons, T.L. & Bongers, F. 2000. The effect of tree height and light availability on photosynthetic leaf traits of four neotropical species differing in shade tolerance. **Functional Ecology** **14**(1): 77-86.
- Rodrigues, R.R.; Lima, R.A.F.; Gandolfi, S. & Nave, A.G. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation** **142**(6): 1242-1251.
- Romaniuc, S. & Gaglioti, A.L. 2014. **Lista de Espécies da Flora do Brasil: Urticaceae**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15041>. Acessado em 09 mar. 2014.
- Rout, N.P. & Shaw, B.P. 2001. Salt tolerance in aquatic macrophytes: possible involvement of the antioxidative enzymes. **Plant science** **160**(3): 415-423.
- Rozendaal, D.M.A.; Hurtado, V.H. & Poorter, L. 2006. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology** **20**(2): 207-216.
- Salifu, K.F. & Timmer, V.R. 2003. Nitrogen retranslocation response of young *Picea mariana* to nitrogen-15 supply. **Soil Science Society of America** **67**(1): 309-317.
- Santos, C.B.; Longhi, S.J.; Hoppe, J.M. & Moscovich, F.A. 2000. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal** **10**(2):1-15.
- Sarijeva, G.; Knapp, M. & Lichtenthaler, H.K. 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. **Journal of Plant Physiology** **164**(7): 950-955.
- Silvertown, J. 1998. Plant phenotypic plasticity and non-cognitive behaviour. **Trends in Ecology & Evolution** **13**(7): 255-256.
- Singhakumara, B.M.P.; Gamage, H.K. & Ashton, M.S. 2003. Comparative growth of four *Syzygium* species within simulated shade environments of a Sri Lankan rain forest. **Forest Ecology and Management** **174**(1-3): 511-520.
- Souza, L.M.F.I.; Kageyama, P.Y. & Sebbenn, A.M. Sistema de reprodução em população natural de *Chorisia speciosa* A. St.-Hill. (Bombacaceae). **Revista Brasileira de Botânica** **26**(1): 113-121.

Strauss-Debenedetti, S. & Bazzaz, F.A. 1991. Plasticity and acclimation to light in tropical Moraceae of different successional positions. **Oecologia** **87**(3): 377-387.

Sun, B.; Dilcher, D.L.; Beerling, D. J.; Zhang, C.; Yan, D. & Kowalski, E. 2003. Variation in *Ginkgo biloba* L. leaf characters across a climatic gradient in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **100**(12): 7141-7141.

Taugourdeau, O.; Chaubert-Pereira, F.; Sabatier, S. & Guédon, Y. 2011. Deciphering the developmental plasticity of walnut saplings in relation to climatic factors and light environment. **Journal of Experimental Botany** **62**(15): 5283-5296.

Terashima, I. & Hikosaka, K. 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. **Plant, Cell & Environment** **18**(10): 1111-1128.

Terashima, I. & Inoue, Y. 1985. Palisade tissue chloroplasts and spongy tissue chloroplasts in spinach: biochemical and ultrastructural differences. **Plant & Cell Physiology** **26**(1): 63-75.

Terashima, I. Miyazawa, S. I. & Hanba, Y. 2001. Why are sun leaves thicker than shade leaves? Consideration based on analyses of CO₂ diffusion in the leaf. **Journal of Plant Research** **114**(1): 93-105.

Terashima, I.; Hanba, Y.T.; Tholen, D. & Niinemets, Ü. 2011. Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. **Plant Physiology** **155**(1) 108-116.

Thiele, A.; Schirwitz, K.; Winter, K. & Krause, G.H. 1996. Increased xanthophyll cycle activity and reduced D1 protein inactivation related to photoinhibition in two plant systems acclimated to excess light. **Plant Science** **115**(2): 237-250.

Tognetti, R.; Minotta, G.; Pinzauti, S.; Michelozzi, M. & Borghetti, M. 1998. Acclimation to changing light conditions of long-term shade-grown beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings of different geographic origins. **Trees** **12**(6): 326-333.

Valladares, F. & Niinemets, Ü. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. **39**(1): 237-257.

Valladares, F. & Pearcy, R.W. 1997. Interactions between water stress, sun-shade acclimation, heat tolerance and photoinhibition in the sclerophyll *Heteromeles arbutifolia*. **Plant, Cell & Environment** **20**(1): 25-36.

Valladares, F.; Saldaña, A. & Gianoli, E. 2012. Costs versus risks: architectural changes with changing light quantity and quality in saplings of temperate rainforest trees of different shade tolerance. **Austral Ecology** **37**(1): 35-43.

Valladares, F.; Martinez-Ferri, E.; Balaguer, L.; Perez-Corona, E. & Manrique, E. 2000a. Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy? **New Phytologist** **148**(1): 79-91.

Valladares, F.; Wright, S.J.; Lasso, E.; Kitajima, K. & Pearcy, R. 2000b. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology** **81**(7): 1925-1936.

- Valladares, F.; Chico, J.; Aranda, I.; Balaguer, L.; Dizengremel, P; Manrique, E. & Dreyer, E. 2002. The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. **Trees** **16**(6): 395-403.
- Vilela, A.; Rennella, M. & Ravetta, D. 2003. Responses of tree-type and shrub-type *Prosopis* (Mimosaceae) taxa to water and nitrogen availabilities. **Forest Ecology and Management** **186**(1-3): 327-337.
- Walter, A.; Scharr, H.; Gilmer, F.; Zierer, R.; Nagel, K.A.; Ernst, M.; Wiese, A.; Virnich, O.; Christ, M.M.; Uhlig, B.; Jünger, S. & Schur, U. 2007. Dynamics of seedling growth acclimation towards altered light conditions can be quantified via GROWSCREEN: a setup and procedure designed for rapid optical phenotyping of different plant species. **New Phytologist** **174**(2): 447-455.
- Walters, R.G. 2005. Towards an understanding of photosynthetic acclimation. **Journal of Experimental Botany** **56**(411): 435-47.
- Warren, C.R.; Löw, M.; Matyssek, R. & Tausz, M. 2007. Internal conductance to CO₂ transfer of adult *Fagus sylvatica*: variation between sun and shade leaves and due to free-air ozone fumigation. **Environmental and Experimental Botany** **59**(2): 130-138.
- Yamashita, N.; Koike, N. & Ishida, A. 2002. Leaf ontogenetic dependence of light acclimation in invasive and native subtropical trees of different successional status. **Plant, Cell & Environment** **25**(10): 1341-1356.
- Yamashita, N.; Ishida, A.; Kushima, H. & Tanaka, N. 2000. Acclimation to sudden increase in light favoring an invasive over native trees in subtropical islands, Japan. **Oecologia** **125**(3): 412-419.
- Zanella, F.; Soncela, R. & Lima, A.L.S. 2006. Formação de mudas de maracujazeiro “amarelo” sob níveis de sombreamento em Ji-Paraná/RO. **Ciência e Agrotecnologia** **30**(5): 880-884.
- Zwieniecki, M.A.; Boyce, C.K. & Holbrook, N.M. 2004. Hydraulic limitations imposed by crown placement determine final size and shape of *Quercus rubra* L. leaves. **Plant, Cell & Environment** **27**(3): 357-365.

**MORFOANATOMIA E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES
ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ACLIMATADAS EM
VIVEIRO**

Anderson Kikuchi Calzavara^{1,3}, Moacyr Eurípedes Medri², Edmilson Bianchini², Thaís
Mazzanatti¹ e José Antonio Pimenta²

¹ Universidade Estadual de Londrina, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, 86051-990, Londrina, PR, Brasil.

² Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, 86051-990, Londrina, PR, Brasil.

³ Autor para correspondência: anderson.calzavara@hotmail.com

**(MORFOANATOMIA E ECOFISIOLOGIA DE MUDAS DE TRÊS ESPÉCIES
ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ACLIMATADAS EM
VIVEIRO)**

RESUMO: Este estudo teve como objetivo verificar a influência do processo de aclimação implementado em viveiros sobre a rusticidade de mudas, a partir de avaliações de trocas gasosas foliares, anatomia e morfologia de três espécies utilizadas em reflorestamentos de Floresta Estacional Semidecidual: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae). As mudas foram cultivadas, durante 168 dias, em dois setores de um viveiro: setor de crescimento (40% de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos total) e de aclimação (sol pleno). Utilizando-se de índices que relacionam parâmetros morfológicos foi estimada a qualidade das mudas. Com a aclimação, as mudas de *C. speciosa* desenvolveram folhas menores, com parênquimas clorofilianos mais espessos, e apresentaram aumentos da fotossíntese (Amax), da condutância estomática (gs) e da transpiração (E). A menor razão altura/diâmetro do colo (RAD), decorrente do espessamento do colo induzido pela aclimação, indicou maior qualidade nas mudas de *C. speciosa* aclimatadas. Nas mudas de *C. floribundus*, sob sol pleno, as folhas expandiram-se menos e houve redução da área foliar específica (AFE) e aumentos da densidade estomática e da espessura do parênquima paliçádico. As variáveis de trocas gasosas não diferiram em relação ao controle. Nesta espécie, pelos índices de qualidade, não foi possível estimar qualidade superior das mudas em nenhum dos tratamentos. *C. pachystachya* foi a espécie que mais sofreu influência da aclimação. As folhas menores, mais espessas, com menor AFE e maior densidade estomática das mudas em aclimação apresentaram maiores Amax e E. A RAD e a razão massa seca da parte aérea/raiz indicaram que a aclimação aumentou a qualidade das mudas de *C. pachystachya*. As mudas das três espécies, mediante a transferência do setor sombreado para pleno sol, foram capazes de se aclimatar ao novo ambiente de luz. De fato, quando submetidas à aclimação, as mudas adquiriram características de rusticidade, principalmente relacionadas à anatomia foliar, que devem favorecê-las na fase de estabelecimento, após o plantio. Em *C. speciosa* e *C. pachystachya*, a utilização de índices auxiliou parcialmente no prognóstico da qualidade das mudas, enquanto em *C. floribundus*, os índices não sofreram alterações com a aclimação das mudas.

Palavras-chave: Aclimação. Fotossíntese. Luminosidade. Morfologia e anatomia de plantas. Qualidade de mudas. Trocas gasosas.

**(MORPHOANATOMY AND ECOPHYSIOLOGY OF SEEDLINGS OF THREE
TREE SPECIES OF SEMIDECIDUOUS FOREST ACCLIMATED IN NURSERY)**

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the influence of the acclimation process implemented in nurseries on the hardiness of seedlings, by assessing gas exchange, anatomical and morphological traits of three species used in reforestation of semideciduous forests: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) and *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae). The seedlings were grown for 168 days in two sectors of a nursery: growth sector (under 40% of total photosynthetic photon flux density) and acclimation sector (under full sun). The quality of the seedlings was

estimated using indexes that relate morphological parameters. With acclimation, seedlings of *C. speciosa* developed smaller and thicker leaves, and showed increases in photosynthesis (A_{max}), stomatal conductance (g_s) and transpiration rate (E). The lower height/diameter ratio (H/D), due to the thickening of the stem induced by acclimation, indicated higher quality in acclimated seedlings of *C. speciosa*. Leaves of *C. floribundus* seedlings, under full sun, have expanded less and there were a reduction in specific leaf area (SLA) and increases in stomatal density and in palisade parenchyma thickness. Despite these changes, gas exchange traits did not differ in comparison with control seedlings. In this species, it was not possible to estimate a higher quality of the seedlings in none of the treatments using the quality indexes. *C. pachystachya* was the most influenced species by acclimation. Acclimated seedlings had smaller and thicker leaves, with lower SLA and higher stomatal density, which showed greater A_{max} and E . The H/D ratio and the shoot/root dry mass ratio indicated that acclimation increased the quality of *C. pachystachya* seedlings. The seedlings of the three species were able to acclimate to the new light environment, upon transfer from shade to full sun. Indeed, when submitted to acclimation the seedlings developed traits of hardiness, mainly related to leaf anatomy, which should favor them during establishment phase, after planting in the field. In *C. speciosa* and *C. pachystachya*, the use of indexes assisted partially in the prognosis of the quality of the seedlings, while in *C. floribundus* the indexes did not change with acclimation of seedlings.

Key words: Acclimation. Gas exchange. Light intensity. Photosynthesis. Plant morphology and anatomy. Seedlings quality.

INTRODUÇÃO

As condições microclimáticas de florestas maduras diferem substancialmente das de áreas desflorestadas (Craven *et al.* 2011), que são caracterizadas por maiores intensidades luminosas, temperaturas do ar e do solo, déficit de pressão de vapor (DPV) e grandes flutuações sazonais no potencial de água do solo (Guariguata; Ostertag 2001). Como mudas são muito vulneráveis a estresses ambientais (Walter *et al.* 2007), para sua utilização no reflorestamento destas áreas, é necessário produzi-las em locais controlados, como viveiros, onde ocorrerá a aclimatação, que favorecerá seu estabelecimento, crescimento e desenvolvimento após o plantio (Davis; Jacobs 2005; Mendoza-Bautista *et al.* 2011).

Mudas que são rustificadas sob sol pleno em viveiros florestais são submetidas à longa exposição a níveis elevados de luz (Claussen 1996). Se elas sobrevivem à fotoinibição e aos danos fotooxidativos provocados pela intensidade luminosa excessiva, sua morfologia e fisiologia começam a mudar em direção àquelas que as plantas de sol possuem, e tais mudanças são referidas como aclimatação (Claussen 1996).

Muitas espécies de plantas possuem alta capacidade de aclimatação (Rozendaal *et al.* 2006; Valladares; Niinemets 2008), por alterações em folhas, caules e raízes provocadas por estímulos ambientais, que controlam o desenvolvimento da planta (Valladares

et al. 2000). Rozendaal *et al.* (2006) sugeriram que, possivelmente, a forma mais eficiente de se aclimatar ao ambiente de luz seja por constantes alterações nas características foliares, sejam elas anatômicas, morfológicas ou fotossintéticas (Pandey; Kushwaha 2005; Oguchi *et al.* 2005; Warren *et al.* 2007). Tais alterações podem ocorrer tanto em folhas completamente expandidas (Yamashita *et al.* 2000; Oguchi *et al.* 2006), quanto em folhas novas ou imaturas (Strauss-DeBenedetti; Bazzaz 1991).

A aclimação ao aumento de intensidade luminosa no ambiente promove a diferenciação de folhas típicas de sol (Murchie; Horton 1997). Estas, em comparação com folhas de sombra, são caracteristicamente mais espessas, menores, com parênquima paliçádico mais espesso, área foliar específica (AFE) menor e densidade estomática e taxa de assimilação de carbono (por área foliar) maiores (Walters 2005; Niinemets 2007; Favaretto *et al.* 2011; Jiang *et al.* 2011; Murphy *et al.* 2012). Devido a estas características, que proporcionam alta capacidade de dissipar o excesso de energia luminosa, folhas de sol são mais tolerantes à alta luminosidade, enquanto folhas de sombra são mais susceptíveis a sofrer danos pelo excesso de luz (Demmig-Adams; Adams 1992; Lovelock *et al.* 1994).

Não são apenas as folhas que sofrem alterações com a variação na intensidade luminosa. O desenvolvimento de plantas na sombra pode afetar a capacidade de armazenamento de carboidratos e nutrientes (Johnson *et al.* 2002), o alongamento e a espessura do caule (Petritan *et al.* 2009) e, conseqüentemente, diminuir sua resistência a danos físicos (Cleary *et al.* 1978). O sombreamento também pode reduzir a distribuição de biomassa para o sistema radicial, o que pode prejudicar a capacidade de absorção de água e nutrientes (Vilela *et al.* 2003). Como estas e outras alterações ocorrem ao longo do desenvolvimento da planta e são fáceis de mensurar, a forma mais utilizada para prognosticar a qualidade de uma muda, em viveiros, é pela avaliação de variáveis morfológicas (Davis; Jacobs 2005).

Quando mudas são cultivadas sob sombreamento, desenvolvem características que as tornam mais susceptíveis à alta irradiância, à seca e à alta temperatura (Lovelock *et al.* 1994). Conseqüentemente, a transferência destas mudas para locais com intensidades luminosas elevadas pode ser desastrosa e até mesmo resultar na sua morte (Powles 1984; Demmig-Adams; Adams 1992). Mudas que sofrem menos quando são submetidas a uma experiência similar são aquelas rustificadas em viveiros florestais (Claussen 1996). O grau em que a exposição a diferentes tipos e intensidades de estresses afeta o desenvolvimento das mudas depende da capacidade de aclimação de cada espécie (Griscom *et al.* 2005). Espécies heliófitas, devido à menor susceptibilidade à fotoinibição, são mais

predispostas a se aclimatar a altas intensidades luminosas do que espécies tardias da sucessão (Favaretto *et al.* 2011).

Conhecer a capacidade de uma espécie de se aclimatar à exposição à alta intensidade luminosa se torna relevante, quando espécies de plantas irão competir por espaço e recursos limitados (Krause *et al.* 2001). As respostas à aclimação, como a capacidade e o tempo para uma espécie se aclimatar, permitem aos operadores de viveiros tomar decisão sobre quando transferir os estoques de mudas para ambientes com maior intensidade luminosa dentro do viveiro e do viveiro para o campo (Claussen 1996). Desta forma, o estudo das respostas morfoanatômicas e de trocas gasosas (que podem ser reguladas pelas primeiras) pode contribuir para o conhecimento das melhores características das mudas que favorecerão o estabelecimento de mudas em florestas (Myers *et al.* 2000; Montgomery; Chazdon 2002), período mais crítico para sua sobrevivência (Ivancich *et al.* 2012).

Este estudo teve como objetivo verificar a influência do processo de aclimação implementado em viveiros sobre mudas de três espécies utilizadas em reflorestamentos de Floresta Estacional Semidecidual, a partir de avaliações de parâmetros relacionados às trocas gasosas nas folhas e às características morfológicas e anatômicas das plantas. Considerando que estas avaliações são importantes para estimar a rusticidade das mudas, foram levantadas duas questões: 1- Com o método de aclimação implementado em viveiros, de fato são obtidas mudas mais rústicas de espécies arbóreas intolerantes à sombra? 2- Os índices de qualidade citados na literatura são apropriados para indicar a qualidade de mudas de espécies arbóreas nativas heliófitas?

MATERIAL E MÉTODOS

Produção das Mudas

O experimento foi realizado no viveiro de mudas do Laboratório de Biodiversidade e Restauração de Ecossistemas (LABRE), Universidade Estadual de Londrina, no município de Londrina, PR. Ao longo do experimento, adotou-se o método usual de produção de mudas do viveiro, que contém três setores: 1- setor de germinação, onde é feita a semeadura e ocorre a germinação das plântulas e seu desenvolvimento inicial, seja diretamente em tubetes ou em sementeiras; 2- setor de crescimento, o qual é coberto por tela sombrite, com incidência de 40% de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) total, onde as mudas permanecem até atingir tamanho ideal para sua transferência para o setor

de aclimação (geralmente com 15-20 cm de altura de parte aérea, dependendo da espécie); 3- setor de aclimação ou rustificação, onde as mudas são expostas ao sol pleno e adquirem características de rusticidade.

Para a semeadura e para o crescimento das mudas foi utilizado tubo cônico (tubete) de polipropileno de alta densidade, de coloração preta, com 2,65 cm de diâmetro interno, 12,5 cm de altura e 50 cm³ de volume total. Como meio de cultivo, foi utilizado substrato formado por esterco bovino e restos de vegetais peneirados, casca de arroz carbonizada e areia lavada, com adição do adubo de liberação lenta Osmocote® (15% de N, 10% de P₂O₅ e 10% de K₂O). Tanto no setor de crescimento, quanto no setor de aclimação, as mudas foram irrigadas, por períodos regulares, quatro vezes ao dia (durante 30 minutos cada).

Espécies e Tratamentos

Foram selecionadas três espécies arbóreas intolerantes à sombra nativas da região, com base na sua importância em programas de revegetação de Floresta Estacional Semidecidual: *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae), popularmente conhecidas, respectivamente, como Paineira, Capixingui e Embaúba-do-brejo (Apêndice I).

No setor de germinação foi feita a semeadura em 1000 recipientes, para cada espécie. As bandejas, portando os tubetes, foram transferidas para o setor de crescimento, onde houve a emergência das plântulas. As mudas foram mantidas no setor de crescimento até alcançarem aproximadamente 15-20 cm de altura de parte aérea, quando 40% das mudas foram mantidas no setor de crescimento, constituindo o tratamento controle (40% de DFFF total) e 60% foram transferidas para o setor de aclimação, constituindo o tratamento aclimatado (sol pleno). A partir da separação as mudas permaneceram nos respectivos setores por 168 dias (Apêndice II).

Avaliação das Trocas Gasosas

Ao longo do desenvolvimento das mudas, a cada 14 dias, variáveis de trocas gasosas foram avaliadas em uma folha por planta, de nove indivíduos de cada espécie, por tratamento, até 168 dias após o início do experimento. Analisou-se, para as três espécies, a penúltima folha completamente desenvolvida, íntegra e não senescente, da qual foram

avaliadas: condutância estomática (gs), assimilação líquida de CO₂ máxima (Amax), transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA), dada pela razão Amax/E. As análises foram realizadas entre 8 e 10h, por meio de um analisador portátil de gás infravermelho, modelo LI-COR 6400XT (LiCor Inc., Lincoln, NE, USA), com câmara de 6 cm² com fonte de luz de LED ajustada para DFFF de 1.900 μmol m⁻² s⁻¹, suficiente para saturar a fotossíntese das mudas das três espécies. Este valor foi determinado a partir de testes iniciais realizados com cada espécie para se obter a curva da taxa de fotossíntese líquida em resposta à DFFF (Apêndice III).

Avaliações Anatômicas

Variáveis anatômicas foram avaliadas em nove indivíduos de cada espécie, por tratamento, no fim do experimento (168 dias). Foram coletados, por indivíduo, um segmento de caule e um segmento do terço mediano do limbo da mesma folha utilizada para as avaliações de trocas gasosas, os quais foram fixados em FAA (formaldeído 37%, ácido acético glacial e etanol 70%; 1:1:18, v:v) por 72 horas.

Para a confecção de lâminas dos segmentos de caule e limbo, estes foram lavados em água destilada, desidratados em série etílica crescente, diafanizados em xilol, incluídos em parafina e seccionados transversalmente, a 14 μm de espessura, em micrótomo de deslizamento (Leica, SM2010R). As secções obtidas foram aderidas em lâminas com adesivo de Haupt e, posteriormente, submetidas a processos de remoção de parafina por xilol, de coloração com azul de astra e fucsina básica e, por fim, de montagem com bálsamo do Canadá sintético.

Os segmentos de limbo também foram submetidos à técnica de maceração de Jeffrey (Macêdo 1997), que consiste na imersão de segmentos com cerca de 1 cm² em solução de ácido crômico e ácido nítrico, ambos a 10%, até haver a separação total das faces epidérmicas adaxial e abaxial. As epidermes dissociadas foram coradas com azul de astra e fucsina básica e montadas em lâminas com glicerina aquosa.

Todas as lâminas confeccionadas foram armazenadas no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Estadual de Londrina. A análise das mesmas e a obtenção de imagens (Apêndices IV, V e VI) foram feitas em microscópio óptico com câmera digital acoplada. No programa Motic Images Plus, versão 2.0 (Motic 2007), foram inseridas escalas nas imagens e foi feita a medição de variáveis anatômicas do caule (porcentagem da medula, xilema, floema, esclerênquima, colênquima, córtex e periderme) e da folha, como densidade

estomática, espessura dos componentes do limbo (faces epidérmicas adaxial e abaxial e parênquimas paliádico e esponjoso). As porcentagens de tecidos que compõem o caule foram avaliadas em aumento de 100x (0,622 mm² de campo de visão), traçando-se o perímetro correspondente a cada tecido; a densidade estomática em aumento de 200x (0,155 mm² de campo de visão); e as espessuras dos componentes do limbo em aumento de 400x (0,039 mm² de campo de visão).

Avaliações Morfológicas

Variáveis morfológicas (destrutivas e não destrutivas), assim como as anatômicas, foram avaliadas em nove indivíduos de cada espécie, por tratamento, no fim do experimento (168 dias). As variáveis morfológicas não destrutivas foram: o diâmetro do colo (D), medido na altura da borda do tubete, com paquímetro com precisão de 0,01 mm; e a altura da parte aérea (H), medida a partir da borda do tubete até a gema apical, com régua milimetrada. Avaliaram-se também, a cada 14 dias, o número de folhas total (NFT), ao longo de toda a fase experimental, e o número de folhas produzidas (NFP), até 56 dias de experimento.

Quanto às variáveis morfológicas destrutivas, retiraram-se as folhas e mediu-se a área foliar total (AF) de cada indivíduo por meio de digitalização das mesmas, com posterior análise das imagens obtidas no programa DDA (determinador digital de áreas; Ferreira *et al.* 2008). Após secagem do material vegetal em estufa a 70° C, por 72 horas, foram avaliadas as massas secas foliar (MSF), caulinar (MSC) e radicial (MSR). Calcularam-se as massas secas da parte aérea (MSPA=MSF+MSC) e total (MST=MSPA+MSR) e a área foliar específica (AFE=AF/MSF).

A partir dos resultados de massa seca, calculou-se a taxa de crescimento relativo total das mudas no experimento (0-168 dias), de acordo com a fórmula de crescimento de Hunt (1982), $TCR=(\ln M_2 - \ln M_1)/(t_2 - t_1)$, em que M1 e M2 são as massas secas (mg) acumuladas no início (t1; 0 dias) e no fim (t2; 168 dias) do experimento. Calculou-se, também, índices de determinação de qualidade de mudas, como a razão MSPA/MSR (RPAR), a razão H/D (RAD) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), obtido pela fórmula $IQD=MST/(RAD+RPAR)$, segundo Dickson *et al.* (1960).

Análise Estatística

Os dados das variáveis de trocas gasosas e de número de folhas foram submetidos à análise de variância de dois fatores (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, enquanto os dados das variáveis anatômicas e morfológicas foram submetidos à análise de variância de um fator (ANOVA). Os dados expressos em porcentagem (tecidos que compõem o caule) foram previamente transformados em arco-seno $\sqrt{\%/100}$. Para a realização dos testes, utilizou-se o programa Statistica, versão 10.0 (StatSoft 2011), e adotou-se o nível de significância de 5%.

RESULTADOS

As mudas de *Ceiba speciosa* (Apêndice I) cultivadas no setor de aclimação apresentaram aumento da g_s , em relação ao grupo controle, aos 14 dias de experimento e a partir da segunda metade do mesmo (112, 126, 140 e 154 dias; Fig. 1A). Foram observadas também elevação da A_{max} aos 14, 126, 140 e 154 dias (Fig. 1B) e aumento da E aos 112, 126, 140 e 154 dias (Fig. 1C). As mudas aclimatadas apresentaram EUA mais baixa apenas na última avaliação do experimento (168 dias; Fig. 1D).

O NFP (Fig. 1E) e o NFT (Fig. 1F) aumentaram nas mudas de *Ceiba speciosa* transferidas para o setor de aclimação, verificados aos 28, 42 e 56 dias. A área foliar total e a AFE diminuíram com a aclimação (Tab. 1). Anatomicamente, as folhas das mudas de *Ceiba speciosa* não apresentaram diferenças na densidade estomática e na espessura da epiderme, faces adaxial e abaxial, entre os tratamentos, enquanto as espessuras dos parênquimas clorofilianos e do limbo aumentaram nas mudas aclimatadas (Tab. 1). No caule destas mudas houve aumento da porcentagem de esclerênquima, em relação ao grupo controle (Tab. 2).

Figura 1 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Ceiba speciosa*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (Amax); C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

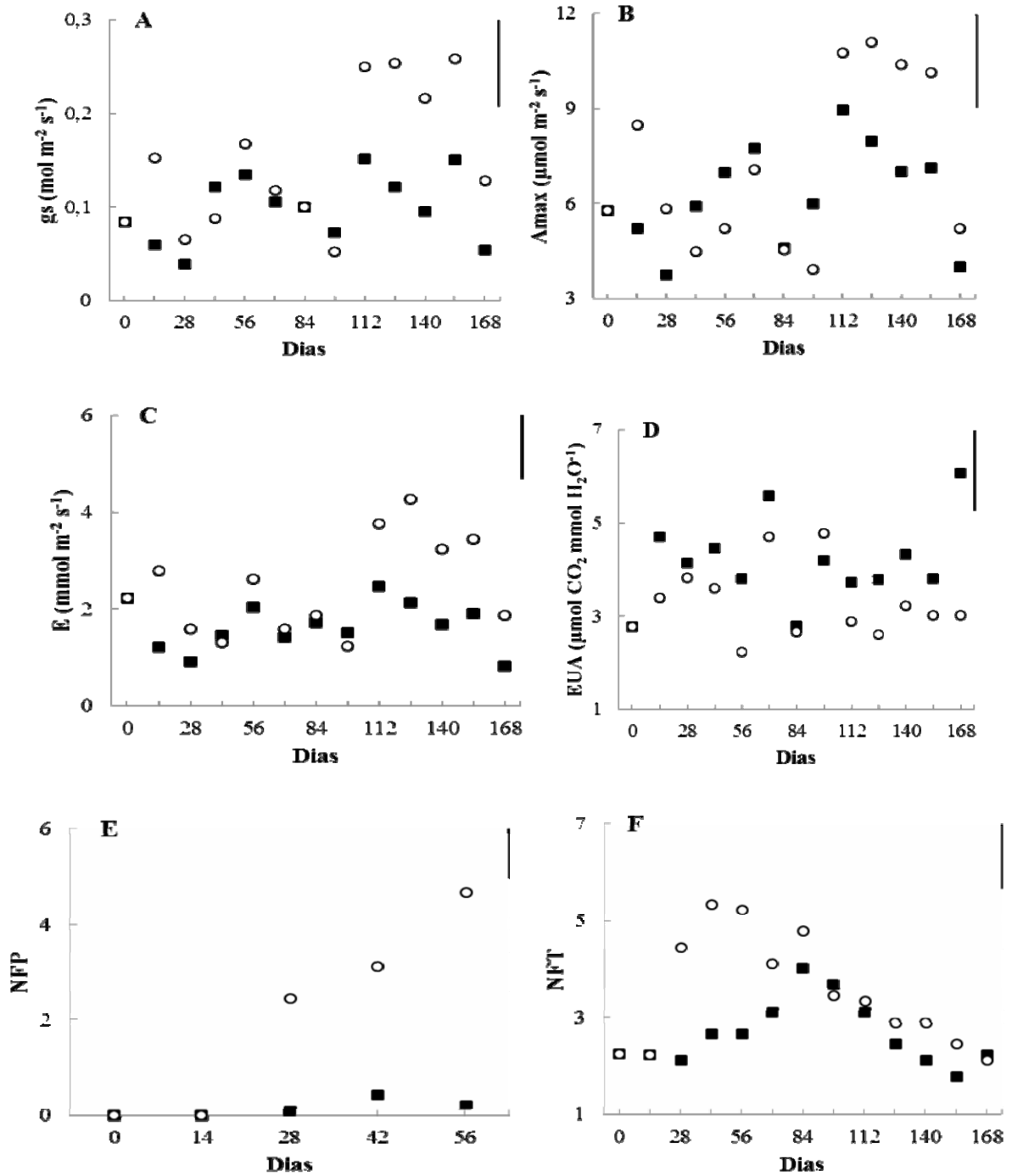


Tabela 1 – Média \pm erro padrão de variáveis morfoanatômicas de folhas de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). AFE= área foliar específica. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. n=9.

Variável	Espécie	Tratamento	
		Controle	Aclimatado
Área foliar (cm ²)	Cs	47,0 \pm 3,82	32,7 \pm 0,803 *
	Cf	43,5 \pm 3,54	24,4 \pm 1,05 *
	Cp	60,6 \pm 5,11	17,5 \pm 1,39 *
AFE (cm ² g ⁻¹)	Cs	313 \pm 11,9	279 \pm 10,3 *
	Cf	198 \pm 5,61	155 \pm 4,18 *
	Cp	267 \pm 4,36	191 \pm 11,4 *
Estômatos (n mm ⁻²)	Cs	127 \pm 8,78	133 \pm 10,2
	Cf	295 \pm 17,7	426 \pm 24,6 *
	Cp	268 \pm 22,6	632 \pm 23,8 *
Face epidérmica adaxial (μ m)	Cs	35,0 \pm 2,41	39,4 \pm 1,69
	Cf	21,5 \pm 1,15	23,3 \pm 1,03
	Cp	19,8 \pm 0,551	28,0 \pm 1,65 *
Face epidérmica abaxial (μ m)	Cs	15,8 \pm 1,12	15,5 \pm 1,04
	Cf	12,4 \pm 0,596	12,7 \pm 0,472
	Cp	7,10 \pm 0,791	7,47 \pm 0,456
Parênquima paliçádico (μ m)	Cs	40,3 \pm 3,03	51,0 \pm 1,32 *
	Cf	58,4 \pm 3,15	77,6 \pm 2,39 *
	Cp	36,4 \pm 1,41	50,7 \pm 2,86 *
Parênquima esponjoso (μ m)	Cs	39,1 \pm 2,29	51,7 \pm 1,73 *
	Cf	50,8 \pm 3,90	60,4 \pm 4,24
	Cp	26,1 \pm 2,13	37,7 \pm 2,58 *
Limbo total (μ m)	Cs	130 \pm 6,48	158 \pm 3,24 *
	Cf	143 \pm 5,19	174 \pm 5,45 *
	Cp	89,4 \pm 2,78	124 \pm 3,58 *

Com relação às características morfológicas utilizadas na avaliação da qualidade de mudas, verificou-se que a aclimação estimulou o espessamento do colo, mas não influenciou a altura dos indivíduos de *Ceiba speciosa* (Tab. 3). A RAD foi menor e indicou qualidade superior nas mudas aclimatadas, enquanto a RPAR e o IQD permaneceram inalterados (Tab. 3). O caule e a raiz não tiveram a massa seca influenciada pela aclimação, enquanto a massa seca foliar foi menor nas mudas aclimatadas (Tab. 3). A massa seca da parte aérea e total (Tab. 3) e a TCR das mudas desta espécie foram iguais entre os tratamentos (Tab. 4).

Croton floribundus (Apêndice I) apresentou poucas alterações nas trocas gasosas foliares com a aclimação. A gs (Fig. 2A) e a Amax (Fig. 2B) foram iguais entre os tratamentos. De forma geral, a aclimação promoveu apenas alterações pontuais, como o aumento da E aos 154 dias (Fig. 2C) e a redução da EUA aos 168 dias (Fig. 2D). Nas mudas de *Croton floribundus* em aclimação o NFP foi maior aos 56 dias (Fig. 2A), mas o NFT não diferiu entre os tratamentos (Fig. 2B). Sob sol pleno, a área foliar total, a AFE (Tab. 1) e a massa seca foliar (Tab. 3) foram reduzidas. Houve também aumentos da densidade estomática foliar e das espessuras do parênquima paliçádico e do limbo com a aclimação (Tab. 1). Já as espessuras das faces da epiderme da lâmina foliar e do parênquima esponjoso não diferiram entre os tratamentos (Tab. 1). Quanto à porcentagem dos tecidos do caule de *C. floribundus*, não se verificaram diferenças entre as mudas aclimatadas e as não aclimatadas (Tab. 2).

Tabela 2 – Média \pm erro padrão da porcentagem de cada tecido que compõe o caule de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. $n=9$.

Variável	Espécie	Tratamento	
		Controle	Aclimatado
Medula (%)	Cs	2,32 \pm 0,373	2,71 \pm 0,310
	Cf	2,39 \pm 0,218	2,32 \pm 0,210
	Cp	16,6 \pm 1,09	16,7 \pm 1,76
Xilema (%)	Cs	28,0 \pm 1,53	28,5 \pm 1,19
	Cf	38,9 \pm 1,37	37,4 \pm 1,64
	Cp	41,4 \pm 1,22	35,5 \pm 1,51 *
Floema (%)	Cs	9,98 \pm 0,772	10,3 \pm 0,719
	Cf	13,5 \pm 0,453	14,8 \pm 0,855
	Cp	9,28 \pm 0,362	10,1 \pm 0,462
Esclerênquima (%)	Cs	3,69 \pm 0,352	5,41 \pm 0,428 *
	Cf	-	-
	Cp	1,88 \pm 0,141	2,24 \pm 0,156
Colênquima (%)	Cs	-	-
	Cf	-	-
	Cp	3,71 \pm 0,188	4,32 \pm 0,191 *
Córtex (%)	Cs	56,0 \pm 1,03	53,1 \pm 1,00
	Cf	38,5 \pm 1,63	39,9 \pm 1,71
	Cp	20,7 \pm 0,646	23,5 \pm 0,728
Periderme (%)	Cs	-	-
	Cf	6,72 \pm 0,453	5,58 \pm 0,686
	Cp	6,37 \pm 0,372	7,75 \pm 0,570

Tabela 3 – Média \pm erro padrão de variáveis morfológicas de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado). RAD= razão altura da parte aérea/diâmetro do colo; RPAR= razão massa seca da parte aérea/raiz; IQD= índice de qualidade de Dickson. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. $n=9$.

Variável	Espécie	Tratamento	
		Controle	Aclimatado
Altura da parte aérea (cm)	Cs	22,7 \pm 0,391	21,6 \pm 0,733
	Cf	19,0 \pm 0,289	18,6 \pm 0,869
	Cp	41,2 \pm 0,594	31,6 \pm 0,608 *
Diâmetro do colo (mm)	Cs	7,40 \pm 0,170	9,01 \pm 0,183 *
	Cf	3,26 \pm 0,170	3,47 \pm 0,158
	Cp	4,47 \pm 0,049	4,13 \pm 0,126 *
RAD (cm mm ⁻¹)	Cs	3,07 \pm 0,085	2,41 \pm 0,087 *
	Cf	5,95 \pm 0,317	5,48 \pm 0,414
	Cp	9,22 \pm 0,138	7,71 \pm 0,308 *
Massa seca foliar (g)	Cs	0,151 \pm 0,012	0,118 \pm 0,004 *
	Cf	0,222 \pm 0,021	0,159 \pm 0,009 *
	Cp	0,227 \pm 0,019	0,094 \pm 0,009 *
Massa seca do caule (g)	Cs	0,788 \pm 0,077	0,792 \pm 0,049
	Cf	0,420 \pm 0,039	0,417 \pm 0,030
	Cp	1,55 \pm 0,068	0,735 \pm 0,058 *
Massa seca da raiz (g)	Cs	1,31 \pm 0,180	1,11 \pm 0,054
	Cf	0,681 \pm 0,061	0,773 \pm 0,059
	Cp	0,422 \pm 0,022	0,337 \pm 0,031 *
Massa seca da parte aérea (g)	Cs	0,939 \pm 0,081	0,910 \pm 0,052
	Cf	0,641 \pm 0,050	0,575 \pm 0,036
	Cp	1,78 \pm 0,066	0,829 \pm 0,062 *
Massa seca total (g)	Cs	2,25 \pm 0,249	2,02 \pm 0,093
	Cf	1,32 \pm 0,086	1,35 \pm 0,089
	Cp	2,20 \pm 0,072	1,17 \pm 0,084 *
RPAR (g g ⁻¹)	Cs	0,764 \pm 0,060	0,823 \pm 0,042
	Cf	0,984 \pm 0,099	0,760 \pm 0,045
	Cp	4,30 \pm 0,242	2,54 \pm 0,151 *
IQD	Cs	0,593 \pm 0,070	0,630 \pm 0,033
	Cf	0,197 \pm 0,020	0,224 \pm 0,023
	Cp	0,164 \pm 0,006	0,116 \pm 0,011 *

As mudas de *Croton floribundus* não apresentaram diferenças morfológicas no caule e na raiz. A massa seca destes órgãos, o diâmetro do colo, a altura da parte aérea, os índices de qualidade (Tab. 3) e a TCR (Tab. 4) não variaram entre os tratamentos.

Tabela 4 – Média \pm erro padrão da taxa de crescimento relativo (TCR) de mudas de *Ceiba speciosa* (Cs), *Croton floribundus* (Cf) e *Cecropia pachystachya* (Cp) cultivadas sob sombreamento (controle) e sob sol pleno (aclimatado), ao longo de 168 dias de experimento. Diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F (ANOVA) estão indicadas com asterisco. $n=9$.

Variável	Espécie	Tratamento	
		Controle	Aclimatado
TCR ($\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Cs	10,2 \pm 0,233	9,84 \pm 0,502
	Cf	1,60 \pm 0,150	1,72 \pm 0,159
	Cp	6,49 \pm 0,212	2,61 \pm 0,164 *

Em *Cecropia pachystachya* (Apêndice I) verificaram-se aumentos da gs aos 70 e 84 dias (Fig. 3A), da Amax aos 42, 56, 70, 84, 126 e 140 dias (Fig. 3B) e da E aos 14, 28, 42, 56, 70, 84 e 112 dias (Fig. 3C) nas mudas em aclimação. Neste tratamento houve também redução da EUA aos 42 e 126 dias (Fig. 3D).

As folhas das mudas de *Cecropia pachystachya* em aclimação foram rapidamente perdidas e trocadas por novas, aclimatadas à alta luminosidade. Contudo, o NFP (Fig. 3E) e o NFT (Fig. 3F) não diferiram entre os tratamentos. Houve redução da área foliar total, da AFE (Tab. 1) e da massa seca foliar (Tab. 3) com a aclimação. Anatomicamente, as folhas também diferiram. A densidade estomática e as espessuras da face epidérmica adaxial, dos parênquimas clorofilianos e do limbo foram maiores nas mudas aclimatadas (Tab. 1). Não houve, contudo, diferença na espessura da face epidérmica abaxial (Tab. 1). No caule, houve redução da porcentagem de xilema e aumento da porcentagem de colênquima com a aclimação, enquanto os demais tecidos não tiveram suas proporções alteradas neste processo (Tab. 2).

Sob sol pleno, a altura e o diâmetro do colo das mudas de *Cecropia pachystachya* foram menores, em relação às mudas cultivadas sob sombreamento (Tab. 3). As massas secas foliar, caulinar, radicial, da parte aérea e total foram menores nas mudas aclimatadas (Tab. 3). Os três índices de qualidade morfológicos (RAD, RPAR e IQD; Tab. 3), assim como a TCR (Tab. 4), diminuíram com a aclimação. As menores RAD e RPAR indicaram qualidade superior nas mudas aclimatadas, enquanto o IQD mais baixo indicou qualidade inferior nestas mudas.

Figura 2 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Croton floribundus*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (Amax); C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).

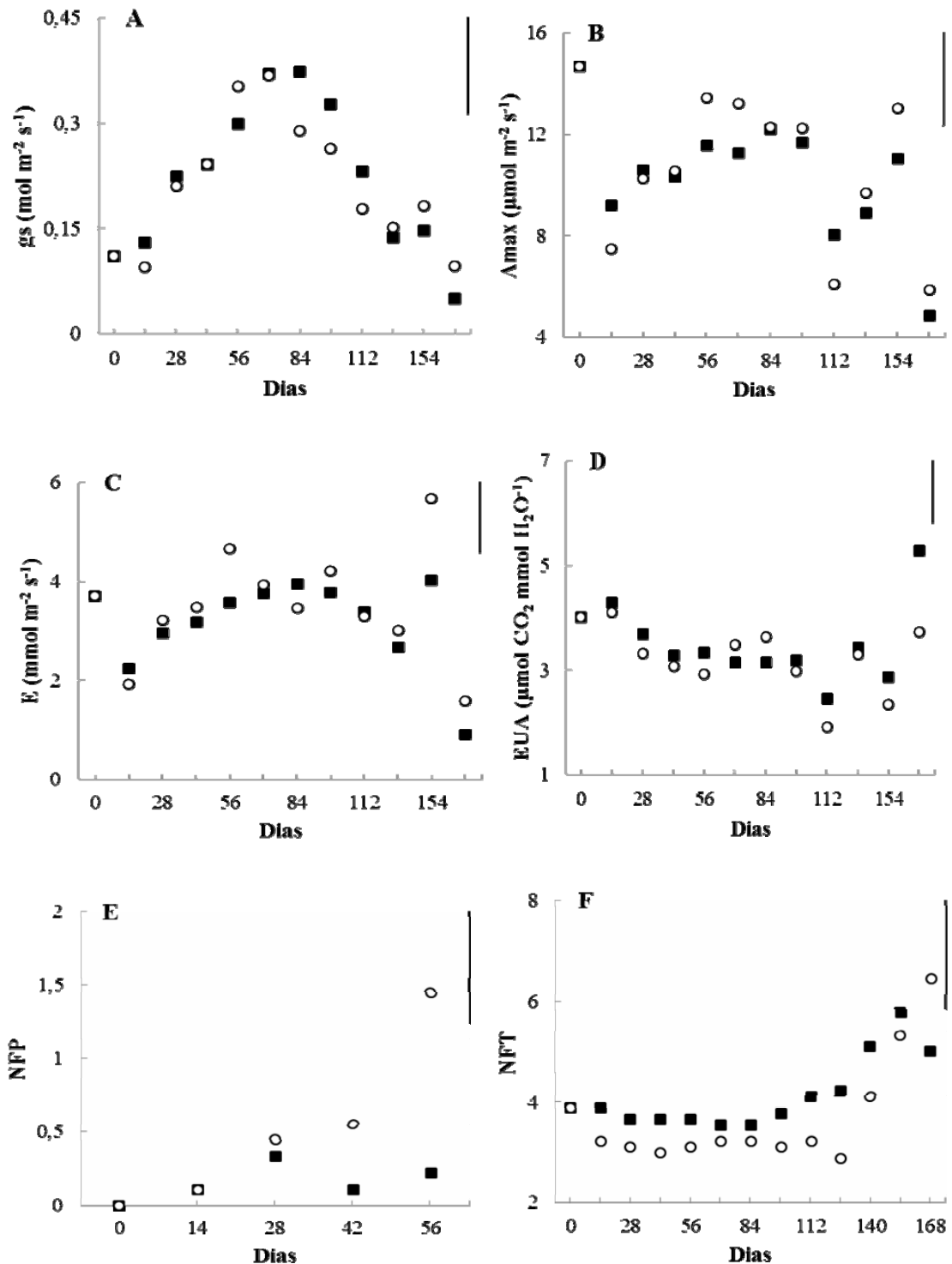
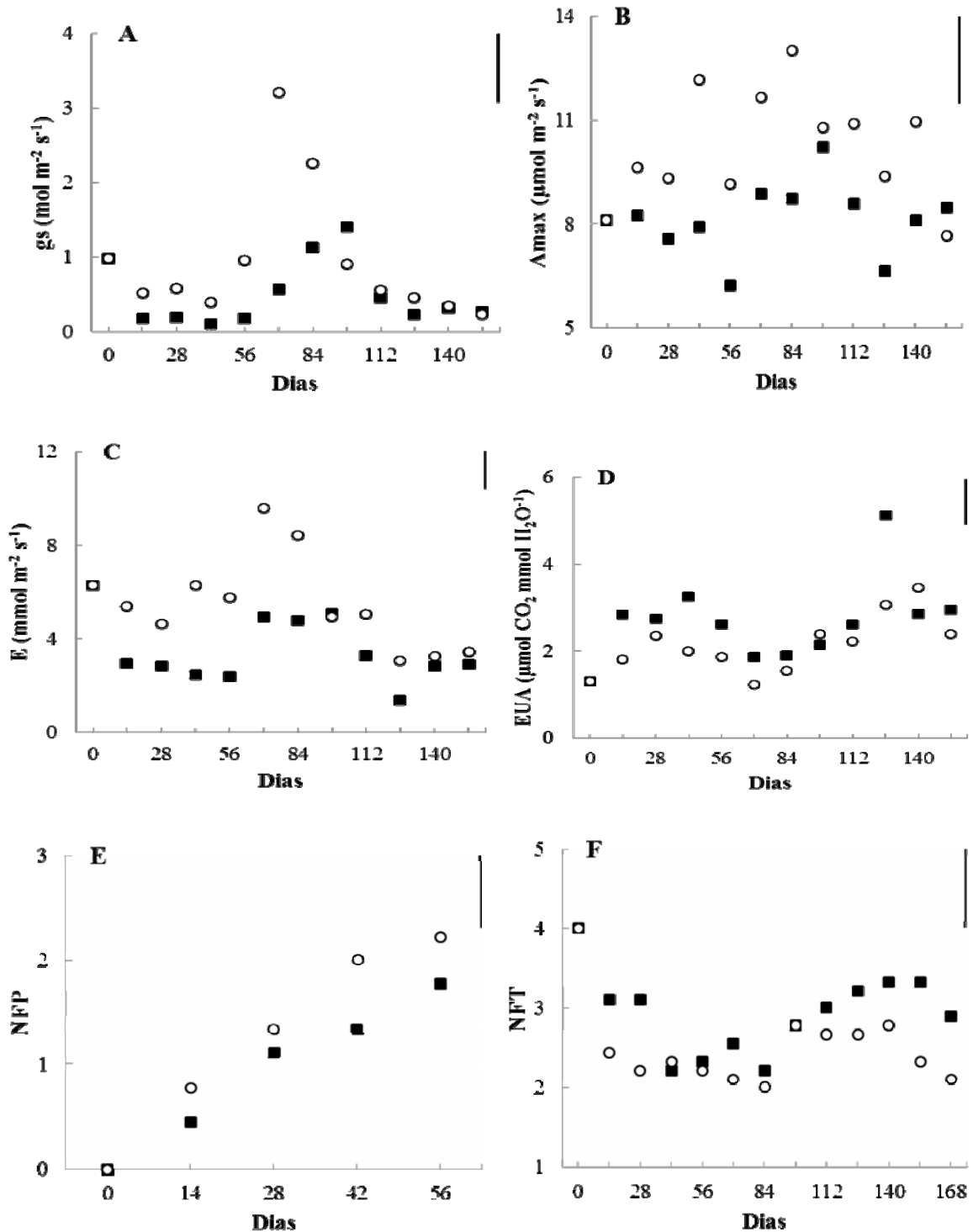


Figura 3 – Trocas gasosas e número de folhas de mudas de *Cecropia pachystachya*. A- condutância estomática (gs); B- assimilação líquida de CO₂ (Amax); C- taxa de transpiração (E); e D- eficiência do uso da água (EUA), ao longo de 168 dias de experimento. F- número de folhas produzidas (NFP); e G- número de folhas total (NFT), ao longo de 56 e 168 dias de experimento, respectivamente. Círculos vazados correspondem ao tratamento aclimatado e quadrados cheios ao tratamento controle (n=9). Barras são diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey (p<0,05).



DISCUSSÃO

A partir das respostas apresentadas pelas mudas de *Ceiba speciosa*, *Croton floribundus* e *Cecropia pachystachya* ao método de aclimação implementado em viveiros, foi possível determinar se houve, de fato, estímulo ao desenvolvimento de características que tornam as plantas mais rústicas e se os índices de qualidade citados na literatura foram apropriados para indicar a qualidade em mudas de espécies heliófitas.

Depois que as mudas de *Ceiba speciosa* foram transferidas para o setor de aclimação, o aumento de intensidade luminosa, nitidamente, estimulou o desenvolvimento de novas folhas (Fig. 1E). Enquanto estas se desenvolviam, as folhas já expandidas (antes da transferência) perduraram por longo período e tiveram papel significativo na fase inicial da aclimação desta espécie. Estas folhas apresentaram aumento da Amax, conforme verificado na análise de trocas gasosas realizada 14 dias após a transferência das mudas, e não demonstraram redução nesta variável, em relação ao grupo controle, nas medições subsequentes (Fig. 1B). Yamashita *et al.* (2000) e Oguchi *et al.* (2006) também relataram aumento da taxa fotossintética em folhas maduras submetidas ao aumento de intensidade luminosa. Tal característica propicia o rápido crescimento das plantas quando submetidas à intensidade luminosa elevada (Kursar; Coley 1999), e é provável que tenha possibilitado às mudas de *C. speciosa* manter a taxa de crescimento relativo após a transferência.

A aclimação das mudas de *Ceiba speciosa* também foi dependente da formação de novas folhas, que tiveram seu desenvolvimento estimulado pela luz. Sob alta intensidade luminosa, estas folhas expandiram-se menos e desenvolveram-se mais espessas, devido ao espessamento dos parênquimas paliçádico e esponjoso, e sofreram redução da AFE (Tab. 1). Assim como verificado em outras espécies por Matos *et al.* (2009) e Ivancich *et al.* (2012), em *C. speciosa* o espessamento sofrido pelo parênquima paliçádico foi resultado do alongamento celular e não da diferenciação de uma camada adicional de células (Apêndices IV, V e VI). Este espessamento proporciona aumento do potencial de absorção de luz, pois sob alta irradiância, há estímulo à produção de cloroplastos (Terashima *et al.* 2001). A maior produção destas organelas nos parênquimas clorofilianos, sob estímulo luminoso, também deve propiciar maior condutância de CO₂ pelo mesofilo, pois possibilita que uma maior área de superfície de cloroplastos esteja próxima aos espaços intercelulares, o que reduz a resistência à difusão deste gás (Hanba *et al.* 2002; Warren *et al.* 2007). Ambos (alto potencial de absorção de luz e maior condutância estomática e interna de CO₂) devem ter possibilitado

as maiores Amax das folhas das mudas de *Ceiba speciosa* em aclimatação, verificadas após algum período, na segunda metade do experimento.

O aumento da Amax de *Ceiba speciosa* foi dependente da gs (Fig. 1A e B), assim como nos estudos de Aranda *et al.* (2007), Sarijeva *et al.* (2007) e Sessa & Givnish (2014). Apesar da gs ter aumentado, a densidade estomática não foi maior, como esperava-se em resposta ao aumento de luminosidade (Boardman 1977; Sun *et al.* 2003; Sarijeva *et al.* 2007). A maior gs é uma característica típica de folhas de ambientes mais iluminados e um pré-requisito para o aumento de suas taxas fotossintéticas (Sun *et al.* 2003; Sarijeva *et al.* 2007), a um determinado custo de perda de água (Sessa & Givnish 2014).

Inevitavelmente, a alta gs envolve grande perda de água por transpiração (Hanba *et al.* 2002), principalmente em ambientes com maior intensidade de luz, onde a temperatura é mais alta e há déficit de pressão de vapor (Sessa & Givnish 2014). Apesar das altas E das mudas em aclimatação, não ocorreu redução da EUA em *Ceiba speciosa* (Fig. 1C e D). Em algumas espécies, a aclimatação à alta intensidade luminosa é caracterizada pela maximização da EUA, ao invés do aumento do ganho líquido de carbono pela folha, e isto deve estar relacionado ao déficit hídrico enfrentado pelas folhas sob altas luminosidades (Hanba *et al.* 2002). Entretanto, em espécies exigentes de luz, como *C. speciosa*, a EUA pode não aumentar, ou se tornar mais baixa, quando são submetidas à alta intensidade luminosa. Possivelmente, isso ocorre porque nestas espécies, o aumento da taxa de fotossintética, concomitante à elevação da taxa de transpiração, contribuem para reduzir os efeitos do excesso de luz durante a exposição a altas intensidades luminosas, devido à manutenção de uma alta eficiência fotoquímica do fotossistema II e à diminuição da temperatura foliar, que reduzem os riscos de superaquecimento e fotoinibição de suas folhas (Kitajima 1994; Poorter 1999; Krause *et al.* 2001; Cano *et al.* 2011).

Ao fim do processo de aclimatação, verificou-se que as mudas de *Ceiba speciosa* não tiveram o crescimento em altura influenciado pelo aumento de luminosidade, mas houve espessamento do colo, o que resultou na redução da RAD (Tab. 3), índice que apontou, portanto, qualidade superior nas mudas aclimatadas, corroborando os resultados de Pacheco *et al.* (2013) para a mesma espécie. Para reflorestamentos, estas características podem ser propícias, pois mudas com maior diâmetro podem suportar mais danos físicos (Cleary *et al.* 1978). Além disso, devem possuir mais nutrientes e carboidratos armazenados (Johnson *et al.* 2002), que estão imediatamente disponíveis para suprir a demanda das plantas (Salifu & Timmer 2001) até que o contato entre a raiz e o solo seja restabelecido, permitindo explorar os recursos daquele local (Jacobs *et al.* 2005). A análise anatômica do caule revelou

que, além do espessamento, houve aumento da porcentagem de esclerênquima em *C. speciosa* (Tab. 2), o que deve proporcionar maior rigidez a este órgão e prover maior resistência mecânica ao mesmo (Niklas 1999).

Como a massa seca diminuiu apenas nas folhas, a RPAR e o IQD não indicaram qualidade superior nas mudas em nenhum dos tratamentos (Tab. 3). No entanto, as alterações que ocorreram com a aclimação devem, de fato, favorecer o sucesso das mudas aclimatadas, se consideradas as maiores Amax e gs, que, provavelmente, estão relacionadas com uma alta capacidade de fotoproteção das novas folhas desenvolvidas (Moraes *et al.* 2010); a menor superfície de transpiração, que deve reduzir a perda de água após o plantio (Claussen 1996; Moraes *et al.* 2010); a menor RAD, que deve propiciar maior armazenamento de nutrientes e carboidratos, além de maior resistência a danos físicos (Cleary *et al.* 1978; Johnson *et al.* 2002); e o aumento da proporção de esclerênquima no caule, que também está relacionado com uma maior resistência mecânica (Niklas 1999).

Em *Croton floribundus*, a aclimação não promoveu respostas em nenhuma variável caulinar ou radicial analisada (Tab. 2 e 3). Observaram-se apenas diferenças estruturais nas folhas que se expandiram integralmente sob sol pleno, em relação àquelas que se desenvolveram na sombra (Tab. 1). A carência de respostas exibida por esta espécie demonstrou o baixo grau de plasticidade de suas mudas ao aumento de luminosidade, que é característico de plantas lenhosas tolerantes a estresses (Brzeziecki; Kienast 1994). Como consequência das respostas ocorridas, os índices de qualidade não diferiram entre as mudas que foram submetidas ou não ao processo de aclimação.

Apesar de não ter promovido diferenciação nos índices de qualidade de mudas, a aclimação estimulou o desenvolvimento de novas folhas em *Croton floribundus* (Fig. 2E). Após a transferência, as folhas maduras das mudas em aclimação foram capazes de manter a mesma Amax do grupo controle. De acordo com Sims e Percy (1992) e Yamashita *et al.* (2000) algumas espécies não apresentam aumento da taxa fotossintética nas folhas maduras, após ocorrer elevação da intensidade luminosa.

As novas folhas, após a completa expansão, também desenvolveram-se menores e mais espessas, mas apenas o alongamento das células do parênquima paliçádico contribuiu para este espessamento em *Croton floribundus* (Tab. 1). Nesta espécie houve redução da AFE, que normalmente resulta de um parênquima paliçádico mais desenvolvido (Marques *et al.* 2000; Hanba *et al.* 2002; Rodríguez-Calcerrada *et al.* 2008; Ivancich *et al.* 2012). Le Roux *et al.* (2001), Robakowski *et al.* (2003) e Aranda *et al.* (2005) sugerem que o espessamento do parênquima paliçádico facilita a aclimação à luz. A AFE maior de folhas

de sombra, resultado da sua menor espessura, é considerada importante para a captura de luz em ambientes com baixa luminosidade (Aranda *et al.* 2007), mas torna o órgão menos eficiente em controlar perdas de água sob condições secas, devido à maior área de exposição por volume foliar (Aranda *et al.* 2005; Ivancich *et al.* 2012). Isto reduziria o controle da perda de água pela planta (Corcuera *et al.* 2002) e, provavelmente, aumentaria a susceptibilidade das mudas às oscilações de potencial de água no solo do local de plantio.

Apesar de as mudas aclimatadas de *Croton floribundus* apresentarem AFE menor, parênquima paliádico mais desenvolvido e maior densidade estomática (Tab. 1), em relação às mudas controle, não foi verificado aumento da g_s ou da A_{max} (Fig. 2A e B), o que implica que suas folhas não foram capazes de utilizar a luz extra sob tais condições (Matos *et al.* 2009). Isto pode ter ocorrido, pois, concomitante à elevação de intensidade luminosa, há aumento da temperatura foliar e do gradiente de pressão de vapor entre as folhas e a atmosfera circundante (Cano *et al.* 2011). Nestas condições, há um balanço entre o aumento da taxa fotossintética, favorecido pelo aumento de luminosidade, e a perda de água pelas folhas, que pode levar à dessecação (Sessa; Givnish 2014). A g_s , apesar de ser positivamente correlacionada com a DFFF (Sessa; Givnish 2014), pode também ser afetada pelo aumento da última (Favaretto *et al.* 2011), já que ambientes mais iluminados tendem a ser mais secos e quentes (Sessa; Givnish 2014). Portanto, assim como sugerido por Hanba *et al.* (2002), é possível que processos de difusão de CO_2 da atmosfera para os sítios de carboxilação, como a g_s , tenham limitado o aumento da A_{max} das mudas de *C. floribundus* em aclimação. Como a g_s também limita a E (Sessa; Givnish 2014), não houve aumento desta variável e também não observou-se variação na EUA (Fig. 2C e D).

Embora poucas alterações tenham ocorrido na aclimação de *Croton floribundus*, as novas folhas se desenvolveram com características típicas de folhas de sol, tais como as relatadas por Oguchi *et al.* (2006), Matos *et al.* (2009), Ivancich *et al.* (2012) e Murphy *et al.* (2012). Mesmo que os índices de qualidade não tenham diferido, as mudas que foram submetidas a condições estressantes não apresentaram sinais de que foram afetadas pelo excesso de luz, como a redução da TCR (Powles 1984). Além disso, investiram no desenvolvimento de características foliares que devem ser favoráveis às adversidades do local de plantio em campo. Pode-se afirmar, portanto, que as mudas desta espécie adquiriram características de rusticidade com o processo de aclimação, e presume-se que as mudas aclimatadas tenham o estabelecimento favorecido em campo, em relação às não aclimatadas.

Em *Cecropia pachystachya*, ao contrário das outras espécies, a transferência para o setor de aclimação afetou o desenvolvimento de suas mudas, que refletiu na redução

da altura da parte aérea, da massa seca e da TCR das plantas aclimatadas (Tab. 3 e 4). A alta intensidade luminosa pode causar danos às plantas, que podem ser expressos pela redução da taxa fotossintética (fotoinibição) que causa diminuição da taxa de crescimento relativo, pela destruição de pigmentos fotossintéticos (fotoxidação) ou até mesmo pela morte da planta (Powles 1984). Provavelmente, o excesso de luz causou fotoinibição severa e danificou o aparelho fotossintético das folhas que já estavam expandidas no momento da transferência das mudas de *C. pachystachya*, devido à incapacidade destas de dissipar o excesso de energia absorvida (Claussen 1996), e afetou seu desenvolvimento em uma fase que as mudas apresentavam rápido crescimento.

Nitidamente, *Cecropia pachystachya* foi a espécie que teve as folhas mais afetadas, inicialmente, pela exposição ao excesso de luz. Por esta razão, as análises iniciais de trocas gasosas já corresponderam às novas folhas desenvolvidas, aclimatadas à alta intensidade de luz. Em algumas espécies, quando o aumento de intensidade luminosa é grande, como neste estudo, a aclimação parece ser atingida apenas por folhas em expansão, ou não completamente maduras no momento da mudança de luminosidade (Terashima; Hikosaka 1995). Nesta espécie, a produção de novas folhas, com morfologia e fisiologia adequadas ao novo ambiente, foi a principal estratégia do processo de aclimação, assim como verificado por Strauss-Debenedetti e Bazzaz (1991) e Kursar e Coley (1999).

As alterações estruturais foliares resultantes da aclimação em *Cecropia pachystachya* foram similares aos observados por Ivancich *et al.* (2012). A densidade estomática, as espessuras da face epidérmica superior, do parênquima paliçádico e total da folha aumentaram com a elevação da DFFF, enquanto houve redução da área foliar e da AFE (Tab. 1).

Sob alta intensidade luminosa, o aumento de energia para o transporte de elétrons (Wong *et al.* 1979) e o maior acúmulo de componentes fotossintéticos nos parênquimas clorofilianos mais espessos, podem explicar o aumento da Amax (Martínez-Pastur *et al.* 2007; Ivancich *et al.* 2012), como ocorreu nas folhas das mudas de *Cecropia pachystachya* em aclimação (Fig. 3B). A alta demanda evaporativa neste ambiente, em conjunto com uma maior condutância estomática, provoca o aumento da transpiração (Wong *et al.* 1979; Murphy *et al.* 2012). Em *C. pachystachya*, independentemente do aumento da gs, houve elevação da E nas mudas sob sol pleno (Fig. 3A e C). Apesar da alta transpiração, a EUA foi mais baixa apenas em duas avaliações (Fig. 3D). De acordo com Kitajima (1994), Poorter (1999), Krause *et al.* (2001) e Cano *et al.* (2011), e como foi sugerido para *Ceiba speciosa*, os aumentos da Amax e E, que ocorreram com a aclimação em *C. pachystachya*,

podem contribuir para reduzir os riscos de superaquecimento e fotoinibição, sob excesso de energia luminosa.

Para Murphy *et al.* (2012), a capacidade hidráulica superior de folhas de sol, influenciada por seu tamanho reduzido e por maiores densidade estomática e gs, pode explicar sua prevalência em condições de alta demanda fotossintética e evaporativa. Folhas de sombra, devido às suas limitações inerentes em aumentar a fotossíntese e à sua grande área foliar, atingem temperaturas elevadas quando são transferidas à intensidade luminosa elevada, o que provoca aumento desproporcional na transpiração, em relação à fotossíntese (Murphy *et al.* 2012). Similarmente ao observado por Moraes *et al.* (2010), a redução da área foliar de *Cecropia pachystachya* foi expressiva e deve ter diminuído a perda de água pelas folhas nos indivíduos aclimatados. Por outro lado, considerando-se a área foliar total, a fotossíntese líquida das mudas em aclimação também tornou-se mais baixa (dados não apresentados), o que deve ter contribuído para a diminuição da TCR nesta espécie (Tab. 4).

Como a TCR foi afetada, e pelo IQD ser bastante conexo à massa seca total, este índice indicou qualidade inferior nas mudas de *Cecropia pachystachya* aclimatadas. Apesar da queda da massa seca de todos os órgãos, a RPAR foi mais baixa e indicou qualidade maior nos indivíduos aclimatados, ao contrário do IQD (Tab. 3). A RPAR menor deve prover-lhes, proporcionalmente, maior acesso a água e nutrientes, que, em conjunto com a redução da transpiração total da muda (considerando-se a área foliar total; dados não apresentados), pode significar uma aclimação efetiva ao aumento de intensidade luminosa (Claussen 1996; Moraes *et al.* 2010). Poorter e Nagel (2000) relataram que uma RPAR elevada pode indicar restrição espacial do crescimento radicial e perda do equilíbrio entre o desenvolvimento da raiz e da parte aérea. Neste caso, a raiz não deve suprir a parte aérea suficientemente, especialmente com água (Poorter; Nagel 2000), pois a taxa de transpiração é elevada em plantas com grande biomassa de parte aérea (Harvey & Van den Driessche 1997). Portanto, as mudas de *C. pachystachya* cultivadas na sombra (com RPAR maior), apesar da maior massa seca total e altura da parte aérea, poderiam ter o fornecimento de água para a parte aérea reduzido e, por esta razão, ter o desenvolvimento afetado após o plantio (Moraes *et al.* 2010).

A alta TCR das mudas de *Cecropia pachystachya* que foram mantidas no setor sombreado resultou da maximização do crescimento vertical, característica exibida por diversas espécies intolerantes à sombra no subosque (Henry; Aarssen 2001; Taugourdeau *et al.* 2011; Valladares *et al.* 2012). Estas mudas, no entanto, apesar das maiores altura e diâmetro do colo, não apresentaram aumento proporcional destas duas variáveis (Tab. 3).

Conseqüentemente, as mudas aclimatadas apresentaram RAD menor, que indicou qualidade superior nestas mudas, assim como verificado por Gratzer *et al.* (2004). A RAD elevada, conseqüente do desenvolvimento em local sombreado, resulta em mudas com baixa qualidade, estioladas, que, provavelmente, terão dificuldades em sustentar a parte aérea após o plantio (Pacheco *et al.* 2013).

O desenvolvimento das mudas de *Cecropia pachystachya* cultivadas sob sombreamento foi direcionado à parte aérea, o que pode afetar a capacidade de sustentação dos indivíduos, e da raiz em suprir a planta com água e nutrientes (Poorter; Nagel 2000; Pacheco *et al.* 2013). As mudas aclimatadas, por sua vez, desenvolveram folhas de sol, que devem ter maior capacidade de fotoproteção, refletida pela maior Amax (Moraes *et al.* 2010), além de transpirem menos, levando-se em consideração a área foliar total reduzida (Claussen 1996; Moraes *et al.* 2010). Apesar de a aclimação ter afetado a massa seca das mudas e, conseqüentemente, o IQD, os indivíduos de *C. pachystachya* aclimatados devem ser favorecidos após o plantio em campo, se forem consideradas as alterações estruturais foliares e a redução da RPAR e da RAD.

O processo de aclimação, pelo qual as mudas foram submetidas a estresses, especialmente o luminoso, estimulou respostas distintas entre as espécies estudadas. As mudas das três espécies, mediante a transferência do setor sombreado para pleno sol, foram capazes de se aclimatar ao novo ambiente de luz. De fato, quando submetidas ao processo de aclimação, as mudas adquiriram características de rusticidade, principalmente relacionadas à estrutura foliar, que devem favorecê-las na fase de estabelecimento, após o plantio em campo. Os índices citados na literatura, embora em alguns casos não tenham refletido a rusticidade das mudas, auxiliaram no prognóstico da qualidade das mesmas. Com base nestes índices, foi possível sugerir que as mudas de *Ceiba speciosa* e de *Cecropia pachystachya* que foram aclimatadas possuem qualidade superior para a utilização em reflorestamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda, I.; Castro, L.; Pardos, M.; Gil, L. & Pardos, J.A. 2005. Effects of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. **Forest Ecology and Management** **210**(1-3): 117-129.

Aranda, I.; Pardos, M.; Puértolas, J.; Jiménez, M.D. & Pardos, J.A. 2007. Water-use efficiency in cork oak (*Quercus suber*) is modified by the interaction of water and light availabilities. **Tree physiology** **27**(5): 671-677.

- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **28**: 355-377.
- Brzeziecki, B. & Kienast, F. 1994. Classifying the life-history strategies of trees on the basis of the Grimian model. **Forest Ecology and Management** **69**(1-3):167-187.
- Cano, F.J.; Sánchez-Gómez, D.; Gascó, A.; Rodríguez-Calcerrada, J.; Gil, L.; Warren, C.R. & Aranda, I. 2011. Light acclimation at the end of the growing season in two broadleaved oak species. **Photosynthetica** **49**(4): 581-592.
- Claussen, J.W. 1996. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management** **80**(1-3): 245-255.
- Cleary, B.D.; Greaves, R.D. & Owston, P.W. 1978. Seedlings. Pp. 63-98. In: Cleary, B.D.; Greaves, R.D. & Hermann, R.K. (Eds.). **Regenerating Oregon's forests**. Corvallis, Oregon State University Extension Service.
- Corcuera, L.; Camarero, J.J. & Gil-Pelegrin, E. 2002. Functional groups in *Quercus* species derived from the analysis of pressure-volume curves. **Trees** **16**(7): 465-472.
- Craven, D.; Dent, D.; Braden, D.; Ashton, M.S.; Berlyn, G.P. & Hall, J.S. 2011. Seasonal variability of photosynthetic characteristics influences growth of eight tropical tree species at two sites with contrasting precipitation in Panama. **Forest Ecology and Management** **261**(10): 1643-1653.
- Davis, A.S. & Jacobs, D.F. 2005. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests** **30**(2-3): 295-311.
- Demmig-Adams, B. & Adams, W.W. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** **43**: 599-626.
- Dickson, A.; Leaf, A.L. & Hosner, J.F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle** **36**(1): 10-13.
- Favaretto, V.F.; Martinez, C.A.; Soriani, H.H. & Furriel, R.P.M. 2011. Differential responses of antioxidant enzymes in pioneer and late-successional tropical tree species grown under sun and shade conditions. **Environmental and Experimental Botany** **70**(1): 20-28.
- Ferreira, O.G.L.; Rossi, F.D. & Andrighetto, C. 2008. **DDA: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo - versão 1.2**. Santo Augusto, IFF Farroupilha.
- Gratzer, G.; Darabant, A.; Chhetri, P.B.; Rai, P.B. & Eckmülner, O. 2004. Interspecific variation in the response of growth, crown morphology, and survivorship to light of six tree species in the conifer belt of the Bhutan Himalayas. **Canadian Journal of Forest Research** **34**(5): 1093-1107.
- Griscom, H.P.; Ashton, P.M.S. & Berlyn, G.P. 2005. Seedling survival and growth of native tree species in pastures: implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. **Forest Ecology and Management** **218**(1-3): 306-318.

- Guariguata, M.R. & Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management** **148**(1-3): 185-206.
- Hanba, Y.T.; Kogami, H. & Terashima, I. 2002. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. **Plant, Cell & Environment** **25**(8): 1021-1030.
- Harvey, H.P. & Van den Driessche, R. 1997. Nutrition, xylem cavitation and drought resistance in hybrid poplar. **Tree physiology** **17**(10): 647-54.
- Henry, H.A.L. & Aarssen, L.W. 2001. Inter and intraspecific relationships between shade tolerance and shade avoidance in temperate trees. **Oikos** **93**(3): 477-487.
- Hunt, R. 1982. **Plant growth curves**. The functional approach to plant growth analysis. London, Edward Arnold.
- Ivancich, H.S.; Lencinas, M.V.; Pastur, G.J.M.; Esteban, R.M.S.; Hernández, L. & Lidstrom, I. 2012. Foliar anatomical and morphological variation in *Nothofagus pumilio* seedlings under controlled irradiance and soil moisture levels. **Tree physiology** **32**(5): 554-564.
- Jacobs, D.F.; Salifu, K.F. & Seifert, J.R. 2005. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests** **30**(2-3): 235-251.
- Jiang, C.D.; Wang, X.; Gao, H.Y.; Shi, L. & Chow, W.S. 2011. Systemic regulation of leaf anatomical structure, photosynthetic performance, and high-light tolerance in sorghum. **Plant physiology** **155**(3): 1416-24.
- Johnson, P.S.; Shifley, S.R. & Rogers, R. 2002. **The ecology and silviculture of oaks**. New York, CABI Publishing.
- Kitajima, K. 1994. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia** **98**(3-4): 419-428.
- Krause, G.H.; Koroleva, O.Y.; Dalling, J.W. & Winter, K. 2001. Acclimation of tropical tree seedlings to excessive light in simulated tree-fall gaps. **Plant, Cell & Environment** **24**(12): 1345-1352.
- Kursar, T.A. & Coley, P.D. 1999. Contrasting modes of light acclimation in two species of the rainforest understory. **Oecologia** **121**(4): 489-498.
- Le Roux, X.; Walcroft, A.S.; Daudet, F.A.; Sinoquet, H.; Chaves, M.M.; Rodrigues, A. & Osorio, L. 2001. Photosynthetic light acclimation in peach leaves: importance of changes in mass:area ratio, nitrogen concentration, and leaf nitrogen partitioning. **Tree Physiology** **21**(6): 377-386.
- Lovelock, C.E.; Jebb, M. & Osmond, C.B. 1994. Photoinhibition and recovery in tropical plant species: response to disturbance. **Oecologia** **97**(3): 297-307.
- Macêdo, N.A. 1997. **Manual de técnicas em histologia vegetal**. Feira de Santana, Editora UEFS.

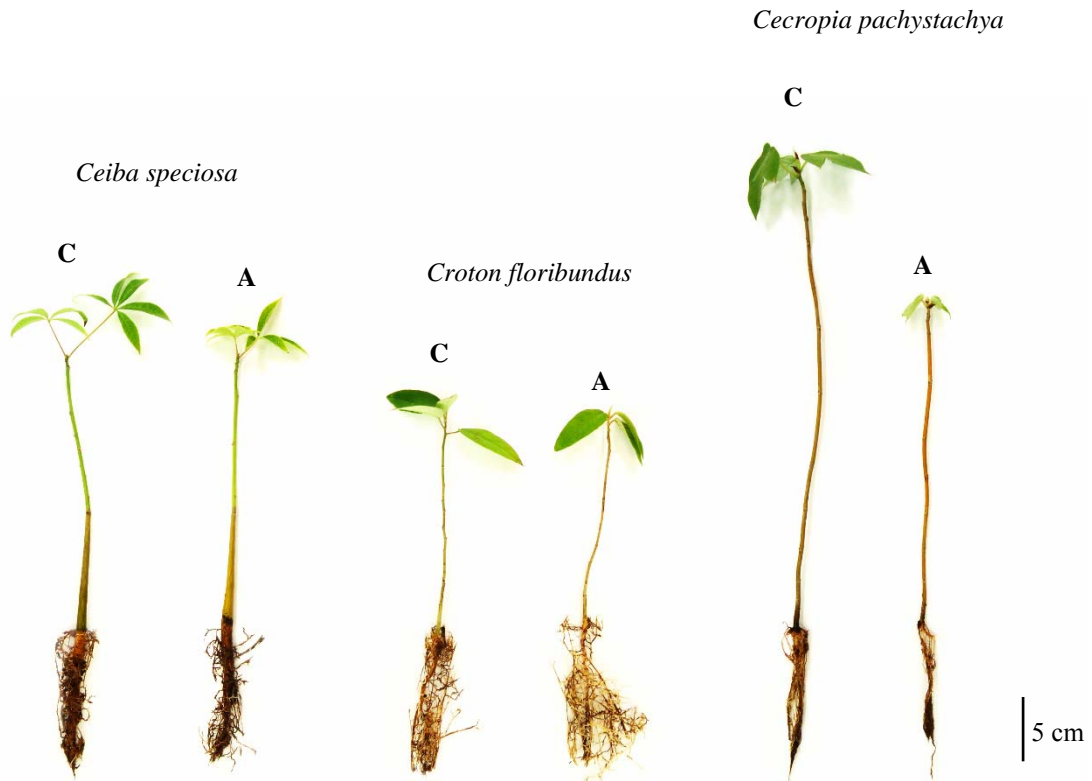
- Martínez-Pastur, G.; Lencinas, M.V.; Peri, P.L. & Arena, M. 2007. Photosynthetic plasticity of *Nothofagus pumilio* seedlings to light intensity and soil moisture. **Forest Ecology and Management** **243**(2-3): 274-282.
- Marques, A.R.; Garcia, Q. S.; Rezende, J.L. & Fernandes, W. 2000. Variations in leaf characteristics of two species of *Miconia* in the Brazilian cerrado under different light intensities. **Tropical Ecology** **41**(1): 47-60.
- Matos, F.S.; Wolfgramm, R.; Gonçalves, F.V.; Cavatte, P.C.; Ventrella, M.C. & DaMatta, M. 2009. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree. **Environmental and Experimental Botany** **67**(2): 421-427.
- Mendoza-Bautista, C.; García-Moreno, D.A. & Castro-Zavala, S. 2011. Radiación solar y calidad de planta em una plantación de Vara de Perilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.). **Agrociencia** **45**(2) 235-243.
- Montgomery, R.A. & Chazdon, R.L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **Oecologia** **131**(2): 165-174.
- Moraes, G.A.B.K.; Chaves, A.R.M.; Martins, S.C.V.; Barros, R.S. & DaMatta, F.M. 2010. Why is it better to produce coffee seedlings in full sunlight than in the shade? A morphophysiological approach. **Photosynthetica** **48**(2): 199-207.
- Motic. 2007. **Motic Image Plus, version 2.0**. Hong Kong, Motic China Group Co., Ltd.
- Murchie, E.H. & Horton, P. 1997. Acclimation of photosynthesis to irradiance and spectral quality in British plant species: chlorophyll content, photosynthetic capacity and habitat preference. **Plant, Cell & Environment** **20**(4): 438-448.
- Murphy, M.R.C.; Jordan, G.J. & Brodribb, T.J. 2012. Differential leaf expansion can enable hydraulic acclimation to sun and shade. **Plant, cell & environment** **35**(8): 1407-1418.
- Myers, G.P.; Newton, A.C. & Melgarejo, O. 2000. The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. **Forest Ecology and Management** **127**(1-3): 119-128.
- Niinemets, Ü. 2007. Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. **Plant, Cell & Environment** **30**(9): 1052-71.
- Niklas, K.J. 1999. A mechanical perspective on foliage leaf form and function. **New Phytologist** **143**(1): 19-31.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K. & Hirose, T. 2005. Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. **Plant, Cell & Environment** **28**(7): 916-927.
- Oguchi, R.; Hikosaka, K.; Hiura, T. & Hirose, T. 2006. Leaf anatomy and light acclimation in woody seedlings after gap formation in a cool-temperate deciduous forest. **Oecologia** **149**(4): 571-82.

- Pacheco, F.V.; Pereira, C.R.; Silva, R.L.; Alvarenga, I.C.A. 2013. Crescimento inicial de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex. Benth. (Fabaceae) e *Chorisia speciosa* A.St.-Hil (Malvaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore** **37**(5): 945-953.
- Pandey, S. & Kushwaha, R. 2005. Leaf anatomy and photosynthetic acclimation in *Valeriana jatamansi* L. grown under high and low irradiance. **Photosynthetica** **43**(1): 85-90.
- Petritan, A.M.; Lüpke, B. & Petritan, I.C. 2009. Influence of light availability on growth, leaf morphology and plant architecture of beech (*Fagus sylvatica* L.), maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) saplings. **European Journal of Forest Research** **128**(1): 61-74.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology** **13**(3): 396-410.
- Poorter, H. & Nagel, O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plant to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology** **27**(12): 595-607.
- Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. **Annual Review of Plant Physiology** **35**: 15-44.
- Robakowski, P.; Montpied, P. & Dreyer, E. 2003. Plasticity of morphological and physiological traits in response to different levels of irradiance in seedlings of silver fir (*Abies alba* Mill). **Trees** **17**(5): 431-441.
- Rodríguez-Calcerrada, J.; Pardos, J.A.; Gil, L. & Aranda, I. 2008. Ability to avoid water stress in seedlings of two oak species is lower in a dense forest understory than in a medium canopy gap. **Forest Ecology and Management** **255**(3-4): 421-340.
- Rozendaal, D.M.A.; Hurtado, V.H. & Poorter, L. 2006. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. **Functional Ecology** **20**(2): 207-216.
- Salifu, K.F. & Timmer, V.R. 2001. Nutrient retranslocation response of *Picea mariana* seedlings to nitrogen supply. **Soil Science Society of America Journal** **65**(3): 905-913.
- Sarijeva, G.; Knapp, M. & Lichtenthaler, H.K. 2007. Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of *Ginkgo* and *Fagus*. **Journal of Plant Physiology** **164**(7): 950-955.
- Sessa, E.B. & Givnish, T.J. 2014. Leaf form and photosynthetic physiology of *Dryopteris* species distributed along light gradients in eastern North America. **Functional Ecology** **28**(1): 108-123.
- Sims, D.A. & Percy, R.W. 1992. Response of leaf anatomy and photosynthetic capacity in *Alocasia macrorrhiza* (Araceae) to a transfer from low to high light. **American Journal of Botany** **79**(4): 449-455.
- StatSoft. 2011. **STATISTICA, version 10**. Tulsa, Statsoft Inc.

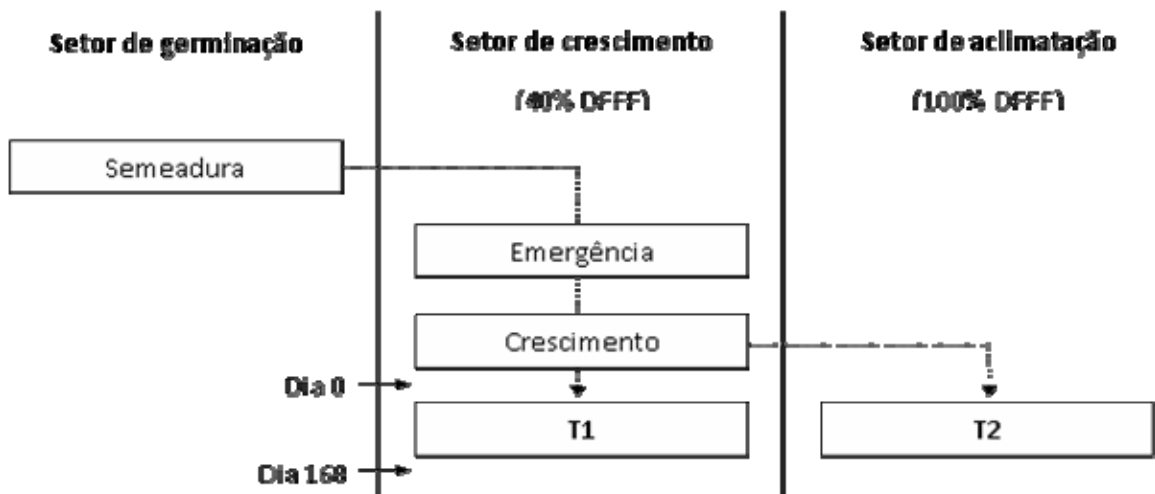
- Strauss-Debenedetti, S. & Bazzaz, F.A. 1991. Plasticity and acclimation to light in tropical Moraceae of different successional positions. **Oecologia** **87**(3): 377-387.
- Sun, B.; Dilcher, D.L.; Beerling, D. J.; Zhang, C.; Yan, D. & Kowalski, E. 2003. Variation in *Ginkgo biloba* L. leaf characters across a climatic gradient in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **100**(12): 7141-7141.
- Taugourdeau, O.; Chaubert-Pereira, F.; Sabatier, S. & Guédon, Y. 2011. Deciphering the developmental plasticity of walnut saplings in relation to climatic factors and light environment. **Journal of Experimental Botany** **62**(15): 5283-5296.
- Terashima, I. & Hikosaka, K. 1995. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. **Plant, Cell & Environment** **18**(10): 1111-1128.
- Terashima, I.; Miyazawa, S. I. & Hanba, Y. 2001. Why are sun leaves thicker than shade leaves? Consideration based on analyses of CO₂ diffusion in the leaf. **Journal of Plant Research** **114**(1): 93-105.
- Valladares, F.; Niinemets, Ü. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**. **39**(1): 237-257.
- Valladares, F.; Saldaña, A. & Gianoli, E. 2012. Costs versus risks: architectural changes with changing light quantity and quality in saplings of temperate rainforest trees of different shade tolerance. **Austral Ecology** **37**(1): 35-43.
- Valladares, F.; Wright, S.J.; Lasso, E.; Kitajima, K. & Pearcy, R. 2000. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology** **81**(7): 1925-1936.
- Vilela, A.; Rennella, M. & Ravetta, D. 2003. Responses of tree-type and shrub-type *Prosopis* (Mimosaceae) taxa to water and nitrogen availabilities. **Forest Ecology and Management** **186**(1-3): 327-337.
- Walter, A.; Scharr, H.; Gilmer, F.; Zierer, R.; Nagel, K.A.; Ernst, M.; Wiese, A.; Virnich, O.; Christ, M.M.; Uhlig, B.; Jünger, S. & Schur, U. 2007. Dynamics of seedling growth acclimation towards altered light conditions can be quantified via GROWSCREEN: a setup and procedure designed for rapid optical phenotyping of different plant species. **New Phytologist** **174**(2): 447-455.
- Walters, R.G. 2005. Towards an understanding of photosynthetic acclimation. **Journal of Experimental Botany** **56**(411): 435-47.
- Warren, C.R.; Löw, M.; Matyssek, R. & Tausz, M. 2007. Internal conductance to CO₂ transfer of adult *Fagus sylvatica*: variation between sun and shade leaves and due to free-air ozone fumigation. **Environmental and Experimental Botany** **59**(2): 130-138.
- Wong, S.C.; Cowan, I.R. & Farquhar, G.D. 1979. Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity. **Nature** **282**: 424-426.
- Yamashita, N.; Ishida, A.; Kushima, H. & Tanaka, N. 2000. Acclimation to sudden increase in light favoring an invasive over native trees in subtropical islands, Japan. **Oecologia** **125**(3): 412-419.

APÊNDICES

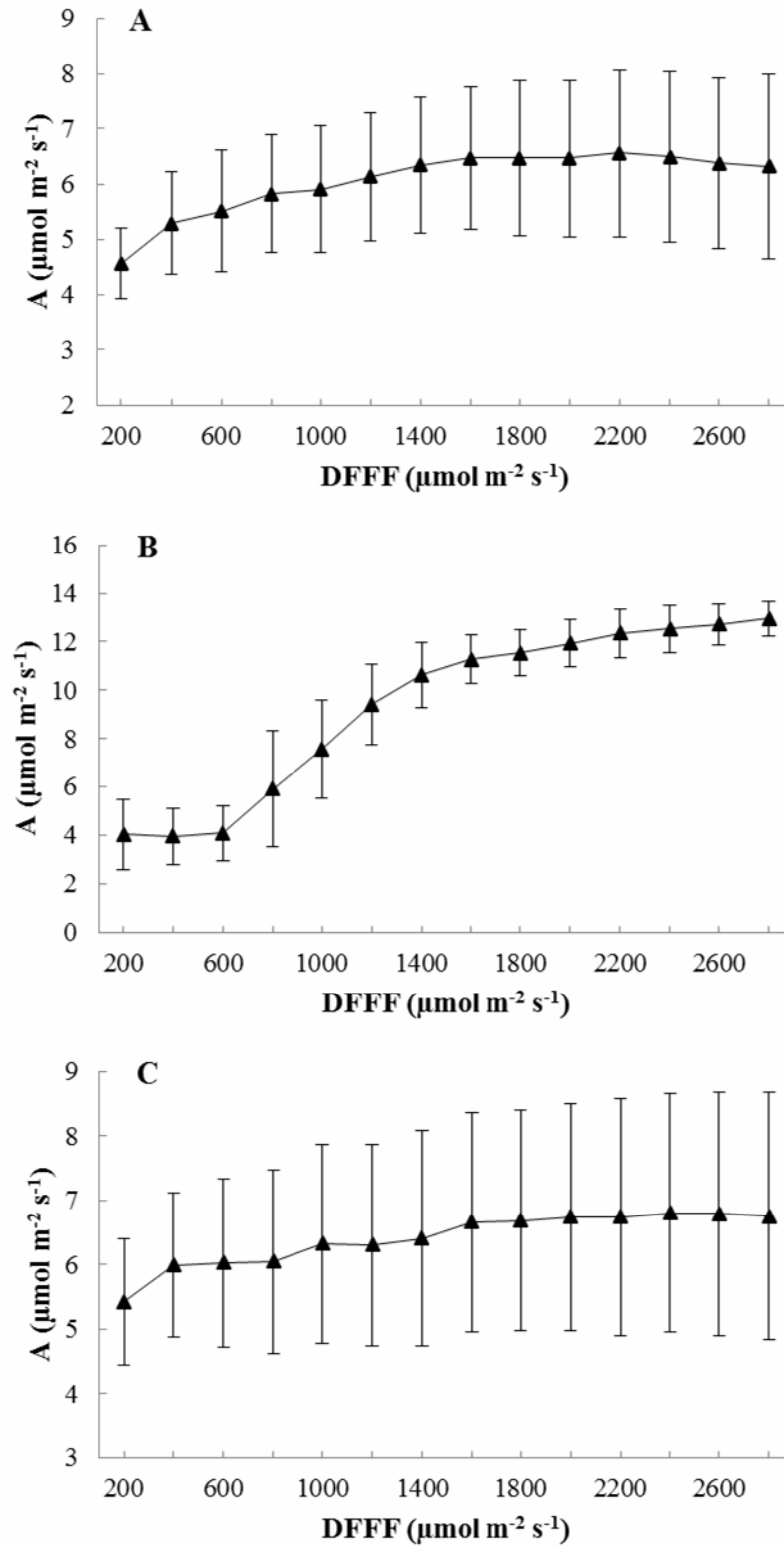
Apêndice I – Mudanças dos tratamentos controle (C) e aclimatado (A) de *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae) e *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae).



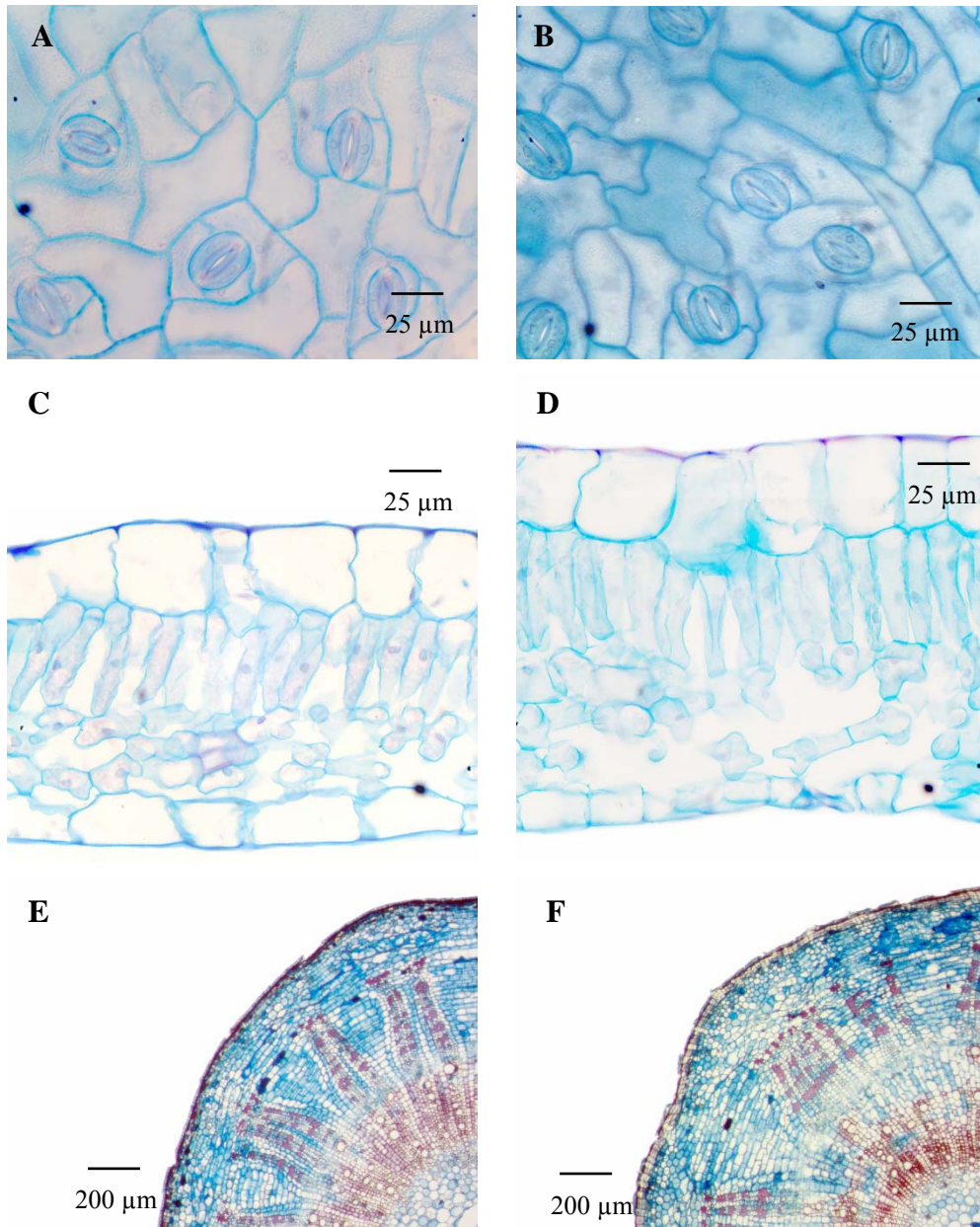
Apêndice II – Caracterização do experimento, de acordo com o método usual de produção de mudas do viveiro, com seus respectivos setores, a duração da fase experimental (em dias) e os tratamentos: T1- controle, sob sombreamento; T2- aclimatado, sob sol pleno. DFFF= densidade de fluxo de fótons fotossintéticos.



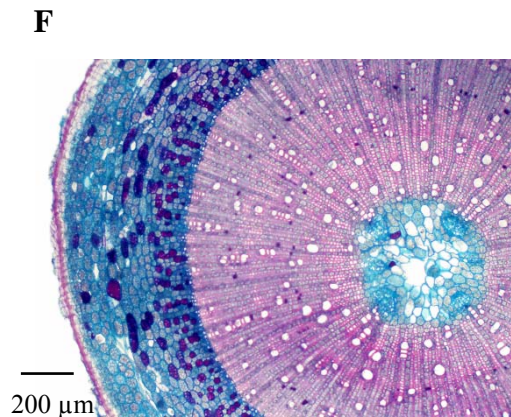
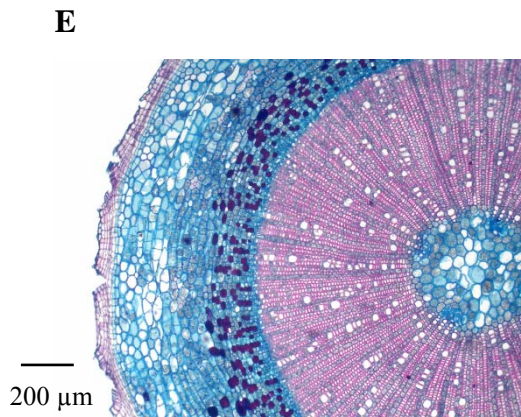
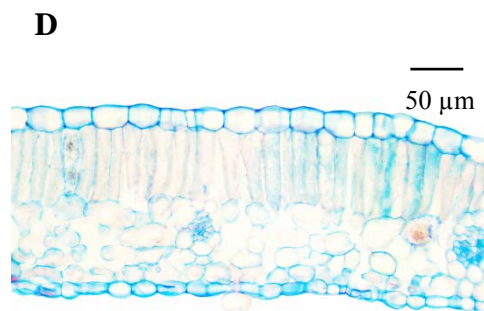
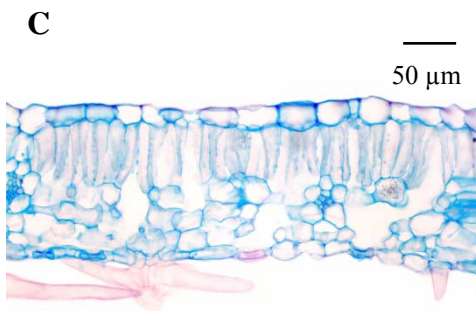
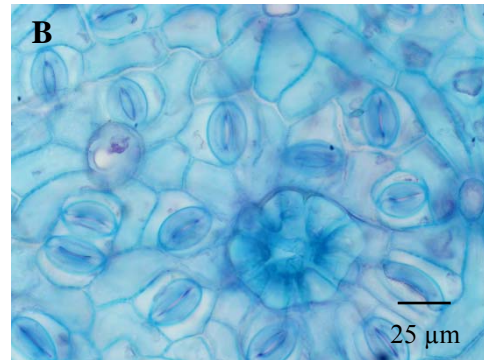
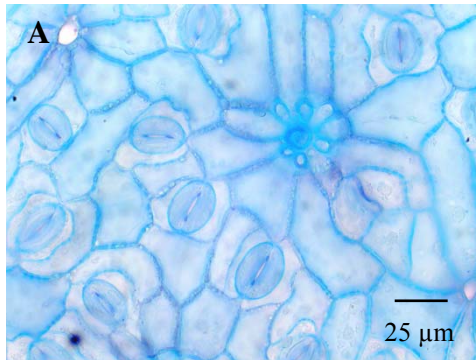
Apêndice III – Curvas da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A_{max}) em resposta à densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) de mudas de *Ceiba speciosa* (A), *Croton floribundus* (B) e *Cecropia pachystachya* (C). Os valores são médias ± erro padrão (n=3).



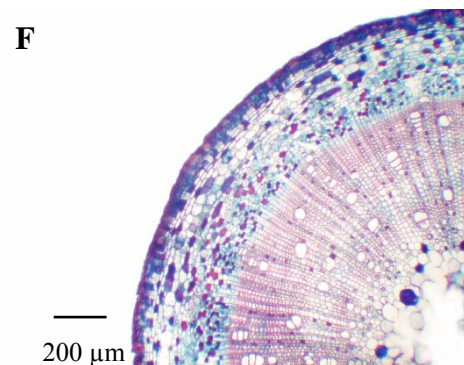
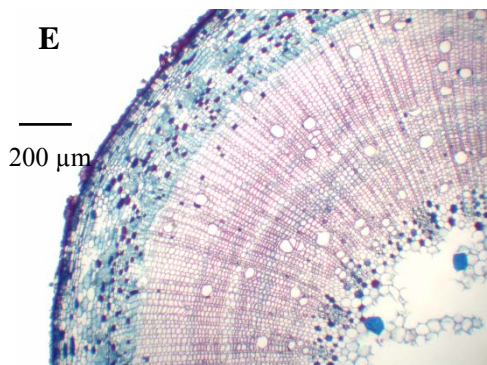
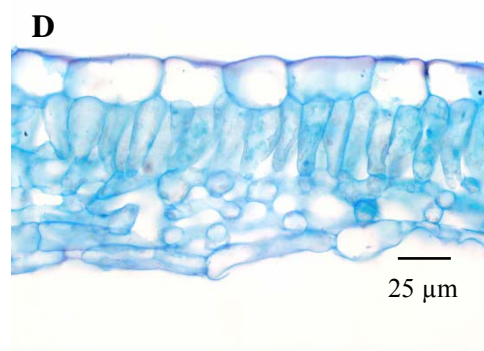
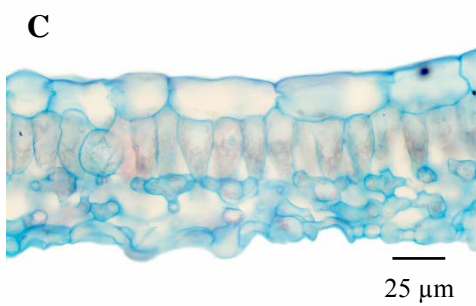
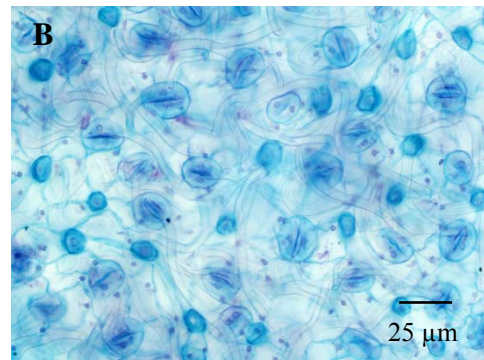
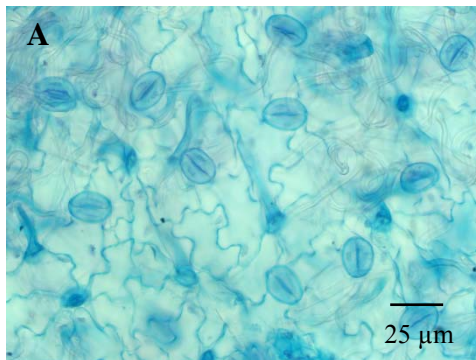
Apêndice IV – Epiderme foliar (A-B) e secções transversais de limbo (C-D) e caule (E-F) de mudas dos tratamentos controle (A, C e E) e aclimatado (B, D e F) de *Ceiba speciosa*.



Apêndice V – Epiderme foliar (A-B) e secções transversais de limbo (C-D) e caule (E-F) de mudas dos tratamentos controle (A, C e E) e aclimatado (B, D e F) de *Croton floribundus*.



Apêndice VI – Epiderme foliar (A-B) e secções transversais de limbo (C-D) e caule (E-F) de mudas dos tratamentos controle (A, C e E) e aclimatado (B, D e F) de *Cecropia pachystachya*.



ANEXO

Normas de submissão de manuscritos da revista “Acta Botanica Brasilica”.

Objetivo

A **Acta Botanica Brasilica** é o periódico científico publicado sob a responsabilidade da Sociedade Botânica do Brasil (SBB), tendo sido criado em 1987. Vem regularmente publicando um volume por ano que, até 1997, contava com dois fascículos. Em 1998, a revista passou a ter periodicidade quadrimestral (três fascículos por ano: abril, agosto e dezembro) e, a partir de 2001, periodicidade trimestral (quatro fascículos por ano: março, junho, setembro e dezembro). A *Acta Botanica Brasilica* publica artigos originais em todas as áreas da Botânica, básica ou aplicada, em Português, Espanhol ou Inglês. Os trabalhos deverão ser motivados por uma pergunta central que denote a originalidade e o potencial interesse da pesquisa, de acordo com o amplo espectro de leitores nacionais e internacionais da Revista, inserindo-se no debate teórico de sua área. O periódico conta com Corpo Editorial, representado por uma Editora-Chefe, três Editores Assistentes e 17 Editores de Área, distribuídos entre cada um dos grandes segmentos desta Ciência (Taxonomia de Fanerógamos, Taxonomia de Criptógamos, Fisiologia, Ecologia, Botânica Estrutural e Etnobotânica), cada representante com mandato de três anos e eleitos durante a Assembléia Geral Ordinária que acontece nos Congressos Nacionais.

Normas gerais para publicação na *Acta Botanica*

A **Acta Botanica Brasilica** (**Acta bot. bras.**) publica artigos originais, comunicações curtas e artigos de revisão, estes últimos apenas a convite do Corpo Editorial. Os artigos são publicados em Português, Espanhol e Inglês e devem ser motivados por uma pergunta central que mostre a originalidade e o potencial interesse dos mesmos aos leitores nacionais e internacionais da Revista. A Revista possui um espectro amplo, abrangendo todas as áreas da Botânica. Os artigos submetidos à *Acta bot. bras.* devem ser inéditos, sendo vedada a apresentação simultânea em outro periódico.

Sumário do Processo de Submissão. Manuscritos deverão ser submetidos por um dos autores, em português, inglês ou espanhol. Para facilitar a rápida publicação e minimizar os custos administrativos, a ***Acta Botanica Brasilica*** aceita somente Submissões On-line. **Não envie documentos impressos pelo correio.** O processo de submissão on-line é compatível com os navegadores Internet Explorer versão 3.0 ou superior, Netscape Navigator e Mozilla Firefox. Outros navegadores não foram testados.

O autor da submissão será o responsável pelo manuscrito no envio eletrônico e por todo o acompanhamento do processo de avaliação.

Figuras e tabelas deverão ser organizadas em arquivos que serão submetidos separadamente, como documentos suplementares. Documentos suplementares de qualquer outro tipo, como filmes, animações, ou arquivos de dados originais, poderão ser submetidos como parte da publicação.

Se você estiver usando o sistema de submissão on-line pela primeira vez, vá para a página de 'Cadastro' e registre-se, criando um 'login' e 'senha'. Se você está realmente registrado, mas esqueceu seus dados e não tem como acessar o sistema, clique em 'Esqueceu sua senha'.

O processo de submissão on-line é fácil e auto-explicativo. São apenas 5 (cinco) passos. Tutorial do processo de submissão pode ser obtido em <http://www.botanica.org.br/ojs/public/tutorialautores.pdf>. Se você tiver problemas

de acesso ao sistema, cadastro ou envio de manuscrito (documentos principal e suplementares), por favor, entre em contato com o nosso [Suporte Técnico](#).

Custos de publicação. O artigo terá publicação gratuita, se pelo menos um dos autores do manuscrito for **associado da SBB, quite com o exercício correspondente ao ano de publicação**, e desde que o número de páginas impressas (editadas em programa de editoração eletrônica) não ultrapasse o limite máximo de 14 páginas (incluindo figuras e tabelas). Para cada página excedente assim impressa, será cobrado o valor de R\$ 35,00. A critério do Corpo Editorial, mediante entendimentos prévios, artigos mais extensos que o limite poderão ser aceitos, **sendo o excedente de páginas impressas custeado pelo(s) autor(es)**. Aos autores não-associados ou associados em atraso com as anuidades, serão cobrados os custos da publicação por página impressa (R\$ 35,00 por página), a serem pagos quando da solicitação de leitura de prova editorada, para correção dos autores. No caso de submissão de figuras coloridas, **as despesas de impressão a cores serão repassadas aos autores (associados ou não-associados)**, a um custo de R\$ 600,00 reais a página impressa.

Seguindo a política do Open Access do Public Knowledge Project, assim que publicados, os autores receberão a URL que dará acesso ao arquivo em formato Adobe® PDF (Portable Document Format). Os autores não mais receberão cópias impressas do seu manuscrito publicado.

Publicação e processo de avaliação. Durante o processo de submissão, os autores deverão enviar uma carta de submissão (como um documento suplementar), explicando o motivo de publicar na Revista, a importância do seu trabalho para o contexto de sua área e a relevância científica do mesmo. Os manuscritos submetidos serão enviados para assessores, a menos que não se enquadrem no escopo da Revista. Os manuscritos serão sempre avaliados por dois especialistas que terão a tarefa de fornecer um parecer, tão logo quanto possível. Um terceiro assessor será consultado caso seja necessário. Os assessores não serão obrigados a assinar os seus relatórios de avaliação, mas serão convidados a fazê-lo. O autor responsável pela submissão poderá acompanhar o progresso de avaliação do seu manuscrito, a qualquer tempo, **desde que esteja logado no sistema da Revista**.

Preparando os arquivos. Os textos do manuscrito deverão ser formatados usando a fonte Times New Roman, tamanho 12, com espaçamento entre linhas 1,5 e **numeração contínua de linhas**, desde a primeira página. Todas as margens deverão ser ajustadas para 1,5 cm, com tamanho de página de papel A4. Todas as páginas deverão ser numeradas sequencialmente.

O manuscrito deverá estar em formato Microsoft® Word DOC (versão 2 ou superior). Arquivos em formato RTF também serão aceitos. Arquivos em formato Adobe® PDF não serão aceitos. **O documento principal não deverá incluir qualquer tipo de figura ou tabela. Estas deverão ser submetidas como documentos suplementares**, separadamente.

O manuscrito submetido (documento principal, acrescido de documentos suplementares, como figuras e tabelas), poderá conter até 25 páginas (equivalentes a 14 páginas impressas, editadas em programa de editoração eletrônica). Assim, antes de submeter um manuscrito com mais de 25 páginas, entre em contato com o [Editor-Chefe](#).

Todos os manuscritos submetidos deverão ser subdivididos nas seguintes seções:

1. DOCUMENTO PRINCIPAL

1.1. Primeira página. Deverá conter as seguintes informações:

a) Título do manuscrito, conciso e informativo, com a primeira letra em maiúsculo, sem abreviações. Nomes próprios em maiúsculo. Citar nome científico completo.

b) Nome(s) do(s) autor(es) com iniciais em maiúsculo, com números sobrescritos que indicarão, em rodapé, a afiliação Institucional. Créditos de financiamentos deverão vir em Agradecimentos, assim como vinculações do manuscrito a programas de pesquisa mais amplos (não no rodapé). Autores deverão fornecer os endereços completos, evitando abreviações.

c) Autor para contato e respectivo e-mail. O autor para contato será sempre aquele que submeteu o manuscrito.

1.2. Segunda página. Deverá conter as seguintes informações: a) RESUMO: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Português, entre parênteses. Ao final do resumo, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem alfabética, não repetindo palavras do título. b) ABSTRACT: em maiúsculas e negrito. O texto deverá ser corrido, sem referências bibliográficas, em um único parágrafo. Deverá ser precedido pelo título do manuscrito em Inglês, entre parênteses. Ao final do abstract, citar até 5 (cinco) palavras-chave à escolha do(s) autor(es), em ordem de alfabética.

Resumo e abstract deverão conter cerca de 200 (duzentas) palavras, contendo a abordagem e o contexto da proposta do estudo, resultados e conclusões.

1.3. Terceira página e subsequentes. Os manuscritos deverão estar estruturados em Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Agradecimentos e Referências bibliográficas, seguidos de uma lista completa das legendas das figuras e tabelas (se houver), lista das figuras e tabelas (se houver) e descrição dos documentos suplementares (se houver).

1.3.1. Introdução. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá conter:

a) abordagem e contextualização do problema;

b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho;

c) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;

d) objetivos.

1.3.2. Material e métodos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá conter descrições breves, suficientes à repetição do trabalho. Técnicas já publicadas deverão ser apenas citadas e não descritas. Indicar o nome da(s) espécie(s) completo, inclusive com o autor. Mapas poderão ser incluídos (como figuras na forma de documentos suplementares) se forem de extrema relevância e deverão apresentar qualidade adequada para impressão (ver recomendações para figuras). Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de

dados em Resultados deverá, obrigatoriamente, estar descrito no item Material e métodos.

1.3.3. Resultados e discussão. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Tabelas e figuras (gráficos, fotografias, desenhos, mapas e pranchas), se citados, deverão ser estritamente necessários à compreensão do texto. Não insira figuras ou tabelas no texto. Os mesmos deverão ser enviados como documentos suplementares. Dependendo da estrutura do trabalho, Resultados e discussão poderão ser apresentados em um mesmo item ou em itens separados.

1.3.4. Agradecimentos. Título com a primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. O texto deverá ser sucinto. Nomes de pessoas e Instituições deverão ser escritos por extenso, explicitando o motivo dos agradecimentos.

1.3.5. Referências bibliográficas. Título com primeira letra em maiúsculo, em negrito, alinhado à esquerda. Se a referência bibliográfica for citada ao longo do texto, seguir o esquema autor, ano (entre parênteses). Por exemplo: Silva (1997), Silva & Santos (1997), Silva *et al.* (1997) ou Silva (1993; 1995), Santos (1995; 1997) ou (Silva 1975; Santos 1996; Oliveira 1997). Na seção Referências bibliográficas, seguir a ordem alfabética e cronológica de autor(es).

Nomes dos periódicos e títulos de livros deverão ser grafados por extenso e em negrito. Exemplos:

Santos, J.; Silva, A. & Oliveira, B. 1995. Notas palinológicas. *Amaranthaceae*. **Hoehnea** **33**(2): 38-45.

Santos, J. 1995. Estudos anatômicos em *Juncaceae*. Pp. 5-22. In: **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Botânica**. Aracaju 1992. São Paulo, HUCITEC Ed. v.I.

Silva, A. & Santos, J. 1997. *Rubiaceae*. Pp. 27-55. In: F.C. Hoehne (ed.). **Flora Brasileira**. São Paulo, Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

Endress, P.K. 1994. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Oxford. Pergamon Press.

Furness, C.A.; Rudall, P.J. & Sampson, F.B. 2002. **Evolution of microsporogenesis in Angiosperms**. <http://www.journals.uchicago.edu/IJPS/journal/issues/v163n2/020022/020022.html> (acesso em 03/01/2006).

Não serão aceitas referências bibliográficas de monografias de conclusão de curso de graduação, de citações de resumos de Congressos, Simpósios, Workshops e assemelhados. Citações de Dissertações e Teses deverão ser evitadas ao máximo e serão aceitas com justificativas consistentes.

1.3.6. Legendas das figuras e tabelas. As legendas deverão estar incluídas no fim do documento principal, imediatamente após as Referências bibliográficas. Para cada figura, deverão ser fornecidas as seguintes informações, em ordem numérica crescente: número da figura, usando algarismos arábicos (Figura 1, por exemplo; não abrevie); legenda detalhada, com até 300 caracteres (incluindo espaços). Legendas das figuras necessitam conter nomes dos táxons com respectivos autores, informações da área de estudo ou do grupo taxonômico.

Itens da tabela, que estejam abreviados, deverão ser escritos por extenso na legenda. Todos os nomes dos gêneros precisam estar por extenso nas legendas das tabelas.

Normas gerais para todo o texto. Palavras em latim no título ou no texto, como por exemplo: *in vivo*, *in vitro*, *in loco*, *et al.* deverão estar grafadas em *itálico*. Os nomes científicos, incluindo os gêneros e categorias infragenéricas, deverão estar em *itálico*. Citar nomes das espécies por extenso, na primeira menção do parágrafo, acompanhados de autor, na primeira menção no texto. Se houver uma tabela geral das espécies citadas, o nome dos autores deverá aparecer somente na tabela. Evitar notas de rodapé.

As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, deverão ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Usar abreviaturas das unidades de medida de acordo com o Sistema Internacional de Medidas (por exemplo 11 cm, 2,4 µm). O número deverá ser separado da unidade, com exceção de porcentagem, graus, minutos e segundos de coordenadas geográficas (90%, 17°46'17" S, por exemplo).

Para unidades compostas, usar o símbolo de cada unidade individualmente, separado por um espaço apenas. Ex.: mg kg⁻¹, µmol m⁻² s⁻¹, mg L⁻¹. Litro e suas subunidades deverão ser grafados em maiúsculo. Ex.: L, mL, µL. Quando vários números forem citados em sequência, grafar a unidade da medida apenas no último (Ex.: 20, 25, 30 e 35 °C). Escrever por extenso os números de zero a nove (não os maiores), a menos que sejam acompanhados de unidade de medida. Exemplo: quatro árvores; 10 árvores; 6,0 mm; 1,0-4,0 mm; 125 exsiccatas.

Para normatização do uso de **notações matemáticas**, obtenha o arquivo contendo as instruções específicas em <http://www.botanica.org.br/ojs/public/matematica.pdf>.

O Equation, um acessório do Word, está programado para obedecer as demais convenções matemáticas, como espaçamentos entre sinais e elementos das expressões, alinhamento das frações e outros. Assim, o uso desse acessório é recomendado.

Em trabalhos taxonômicos, o material botânico examinado deverá ser selecionado de maneira a citarem-se apenas aqueles representativos do táxon em questão, na seguinte ordem e obedecendo o tipo de fonte das letras: **PAÍS. Estado:** Município, data, fenologia, color(es) número do(s) color(es) (sigla do Herbário).

Exemplo:

BRASIL. São Paulo: Santo André, 3/XI/1997, fl. fr., Milanez 435 (SP).

No caso de mais de três cores, citar o primeiro seguido de *et al.* Ex.: Silva *et al.*

Chaves de identificação deverão ser, preferencialmente, indentadas. Nomes de autores de táxons não deverão aparecer. Os táxons da chave, se tratados no texto, deverão ser numerados seguindo a ordem alfabética.

Exemplo:

1. 1. Plantas terrestres
 2. Folhas orbiculares, mais de 10 cm diâm.

..... 2. *S. orbicularis*
 2. Folhas sagitadas, menos de 8 cm compr.

..... 4. *S. sagittalis*

1. 1. Plantas aquáticas
 3. Flores brancas 1. *S. albicans*
 3. Flores vermelhas 3. *S. purpurea*

O tratamento taxonômico no texto deverá reservar o itálico e o negrito simultâneos apenas para os nomes de táxons válidos. Basiônimo e sinonímia aparecerão apenas em itálico. Autores de nomes científicos deverão ser citados de forma abreviada, de acordo com o índice taxonômico do grupo em pauta (Brummit & Powell 1992 para Fanerógamas).

Exemplo:

1. *Sepulveda albicans* L., Sp. pl. 2: 25. 1753.
Pertencia albicans Sw., Fl. bras. 4: 37, t. 23, f. 5. 1870.
 Fig. 1-12

Subdivisões dentro de Material e métodos ou de Resultados e/ou Discussão deverão ser grafadas com a primeira letra em maiúsculo, seguida de um traço (-) e do texto na mesma linha.

Exemplo: Área de estudo - localiza-se ...

2. DOCUMENTOS SUPLEMENTARES

2.1. Carta de submissão. Deverá ser enviada como um arquivo separado. Use a carta de submissão para explicitar o motivo da escolha da Acta Botanica Brasilica, a importância do seu trabalho para o contexto de sua área e a relevância científica do mesmo.

2.2. Figuras. Todas as figuras apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto. Todas as imagens (ilustrações, fotografias, eletromicrografias e gráficos) são consideradas como 'figuras'. **Figuras coloridas poderão ser aceitas, a critério do Corpo Editorial, que deverá ser previamente consultado. O(s) autor(es) deverão se responsabilizar pelos custos de impressão.**

Não envie figuras com legendas na base das mesmas. **As legendas deverão ser enviadas no final do documento principal.**

As figuras deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Fig.1, por exemplo).

As figuras deverão ser numeradas sequencialmente, com algarismos arábicos, colocados no canto inferior direito. Na editoração final, a largura máxima das figuras será de: 175 mm, para duas colunas, e de 82 mm, para uma coluna.

Cada figura deverá ser editada para minimizar as áreas com espaços em branco, otimizando o tamanho final da ilustração.

Escala das figuras deverão ser fornecidas com os valores apropriados e deverão fazer parte da própria figura (inseridas com o uso de um editor de imagens, como o Adobe® Photoshop, por exemplo), sendo posicionadas no canto inferior esquerdo, sempre que possível.

Ilustrações em preto e branco deverão ser fornecidas com aproximadamente 300 dpi de resolução, em formato TIF. Ilustrações mais detalhadas, como ilustrações botânicas ou zoológicas, deverão ser fornecidas com resoluções de, pelo menos, 600 dpi, em formato TIF. Para fotografias (em preto e branco ou coloridas) e eletromicrografias, forneça imagens em formato TIF, com pelo menos, 300 dpi (ou 600 dpi se as imagens forem uma mistura de fotografias e ilustrações em preto e branco). Contudo, atenção! Como na

editoração final dos trabalhos, o tamanho útil destinado a uma figura de largura de página (duas colunas) é de 170 mm, para uma resolução de 300 dpi, a largura das figuras não deverá exceder os 2000 pixels. Para figuras de uma coluna (82 mm de largura), a largura máxima das figuras (para 300 dpi), não deverá exceder 970 pixels.

Não fornecer imagens em arquivos Microsoft® PowerPoint, geralmente geradas com baixa resolução, nem inseridas em arquivos DOC. Arquivos contendo imagens em formato Adobe® PDF não serão aceitos. Figuras deverão ser fornecidas como arquivos separados (documentos suplementares), não incluídas no texto do trabalho.

As imagens que não contiverem cor deverão ser salvas como 'grayscale', sem qualquer tipo de camada ('layer'), como as geradas no Adobe® Photoshop, por exemplo. Estes arquivos ocupam até 10 vezes mais espaço que os arquivos TIF e JPG. A *Acta Botanica Brasílica* não aceitará figuras submetidas no formato GIF ou comprimidas em arquivos do tipo RAR ou ZIP. Se as figuras no formato TIF forem um obstáculo para os autores, por seu tamanho muito elevado, estas poderão ser convertidas para o formato JPG, antes da sua submissão, resultando em uma significativa redução no tamanho. Entretanto, não se esqueça que a compressão no formato JPG poderá causar prejuízos na qualidade das imagens. Assim, é recomendado que os arquivos JPG sejam salvos nas qualidades 'Máxima' (Maximum).

O tipo de fonte nos textos das figuras deverá ser o Times New Roman. Textos deverão ser legíveis. Abreviaturas nas figuras (sempre em minúsculas) deverão ser citadas nas legendas e fazer parte da própria figura, inseridas com o uso de um editor de imagens (Adobe® Photoshop, por exemplo). Não use abreviaturas, escalas ou sinais (setas, asteriscos), sobre as figuras, como "caixas de texto" do Microsoft® Word. **Recomenda-se a criação de uma única estampa**, contendo várias figuras reunidas, numa largura máxima de 175 milímetros (duas colunas) e altura máxima de 235 mm (página inteira). No caso de estampa, a letra indicadora de cada figura deverá estar posicionada no canto inferior direito. Inclua "A" e "B" para distingui-las, colocando na legenda, Fig. 1A, Fig. 1B e assim por diante. Não use bordas de qualquer tipo ao redor das figuras. É responsabilidade dos autores obter permissão para reproduzir figuras ou tabelas que tenham sido previamente publicadas.

2.3. Tabelas. As tabelas deverão ser referidas no texto com a primeira letra em maiúsculo, de forma abreviada e sem plural (Tab. 1, por exemplo). **Todas as tabelas apresentadas deverão, obrigatoriamente, ter chamada no texto.** As tabelas deverão ser sequencialmente numeradas, em arábico (Tabela 1, 2, 3, etc; não abrevie), com numeração independente das figuras. O título das tabelas deverá estar acima das mesmas. Tabelas deverão ser formatadas usando as ferramentas de criação de tabelas ('Tabela') do Microsoft® Word. Colunas e linhas da tabela deverão ser visíveis, optando-se por usar linhas pretas que serão removidas no processo de edição final. Não utilize padrões, tons de cinza, nem qualquer tipo de cor nas tabelas. Dados mais extensos poderão ser enviados como documentos suplementares, os quais estarão disponíveis como links para consulta pelo público.

Mais detalhes poderão ser consultados nos últimos números da Revista.