



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

SILÉIA OLIVEIRA GUIMARÃES

**CRESCIMENTO DE *Schizolobium amazonicum* (HUBER ex DUCKE) EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO E DE DEMANDA
ATMOSFÉRICA**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

SILÉIA OLIVEIRA GUIMARÃES

**CRESCIMENTO DE *Schizolobium amazonicum* (HUBER ex DUCKE) EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO E DE DEMANDA
ATMOSFÉRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Recursos Florestais.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

**CRESCIMENTO DE *Schizolobium amazonicum* (HUBER ex DUCKE) EM
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO E DE DEMANDA
ATMOSFÉRICA**

Siléia Oliveira Guimarães

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Recursos Florestais.

Aprovada em 22 de outubro de 2015.

Prof. Dr. Orientador José Eduardo Macedo
Pezzopane
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves
(Membro interno)
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte
(Membro externo)
Universidade Federal do Espírito Santo

*Aos meus pais, meus irmãos, minha
afilhada e meus amigos, que me
apoiaram e acreditaram que esse
sonho seria possível, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus, acreditando e seguindo essa força superior, venho recebendo oportunidades maravilhosas em minha vida e acreditando também mais em mim, me esforçando pra ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos meus pais, Maria e Salvador, tão amorosos comigo, compreensivos com minha ausência e me apoiando nas escolhas para a minha evolução.

Aos meus padrinhos, Antonio e Nancy, que me deram suporte anteriormente, facilitando meus passos seguintes.

Aos meus irmãos, Silézio, Noélia e Nancy que sempre acreditam nas minhas escolhas e estão sempre na torcida.

À minha linda afilhada, Maria Luiza que me transmite alegria com seu jeito cativante.

Ao meu namorado Charles, pela atenção e auxílio durante o período que passei em Seattle, EUA.

Aos meus amigos que me acolheram durante a temporada em Seattle em especial: Cecile, Jeanne, Ken e Monika, minha eterna gratidão.

Aos meus amigos, que em diversos momentos difíceis me apoiaram durante o mestrado, em especial: Alcides e Mariana.

À equipe do Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal, pela amizade e auxílio durante meu experimento: André, Elias, Eriiva, Hamilton, Jessily, Jonas, Mariana e Rogério.

Ao meu amigo Giovane, pela boa vontade em me auxiliar com a análise estatística dos dados da dissertação.

À equipe do Laboratório de Anatomia Vegetal do Programa de Pós-graduação em biologia vegetal, Vitória – ES, pelo apoio na condução de parte do meu experimento, principalmente à Dayana, Leonardo e Professora Camila.

À Regina Gonçalves do Laboratório NUDEMAFI, pelo suporte sempre disponibilizando material para a realização do experimento.

Ao José Geraldo do Laboratório de Ciência da Madeira, pelo auxílio em algumas fases do experimento.

Ao meu orientador José Eduardo Macedo Pezzopane, pela orientação, incentivo e confiança.

Ao professor Paulo Cezar Cavatte, pelas orientações e auxílio nas correções.

Ao professor Gilson Fernandes da Silva do Laboratório de manejo florestal, pela orientação na estatística em alguns momentos.

Ao professor Robert Harrison da Universidade de Washington em Seattle, que com disposição me deu a oportunidade de expandir meus conhecimentos com um estágio de três meses.

Aos colegas da Universidade de Washington pela paciência e orientações durante o estágio.

À Universidade Federal do Espírito Santo pela infraestrutura para realização da minha pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo financiamento de bolsa de mestrado no decorrer do curso.

À empresa Vale, pelo financiamento de bolsa de mestrado no início do curso e material de consumo no desenvolvimento da pesquisa.

À empresa Anglo American do Brasil pelo financiamento da casa de vegetação.

“A natureza é sábia e justa. O vento sacode as árvores, move os galhos, para que todas as folhas tenham o seu momento de ver o sol.”

Humberto de Campos

RESUMO

GUIMARÃES, Siléia Oliveira. Crescimento de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em diferentes condições de sombreamento e de demanda atmosférica. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

O paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) apresenta-se como excelente alternativa para uso em plantios de povoamentos florestais puros, sistemas agroflorestais e projetos de recuperação de áreas degradadas. A madeira é utilizada para vários fins, destacando-se o emprego na fabricação de lâminas e compensados. No entanto, apesar da sua importância econômica e do seu uso potencial, a espécie ainda necessita ser estudada em termos silviculturais. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar as respostas morfológicas, fisiológicas, anatômicas e adaptativas de mudas de *Schizolobium amazonicum* frente a diferentes níveis de sombreamento e de demandas atmosféricas. O experimento foi conduzido em dois ambientes com diferentes demandas atmosféricas (baixa e alta) com os vasos dispostos em três bancadas de metal de 3,0 x 1,2 x 1,0 m de comprimento, largura e altura, respectivamente. Em cada ambiente, duas bancadas foram sombreadas por meio de estruturas de 1,5 m de altura com tela de nylon, cor preta, com níveis de sombreamento (intenso e moderado) e uma bancada permaneceu sem proteção (pleno sol), proporcionando desta forma 3 diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 6 tratamentos, em esquema fatorial 2x3 com 6 repetições, sendo 2 níveis de demanda atmosférica e 3 níveis de radiação solar, com um total de 36 plantas. Após 94 dias submetidas aos tratamentos, o crescimento das mudas foi caracterizado por meio das medidas de variáveis morfológicas, fisiológicas, anatômicas e índice de plasticidade fenotípica. As médias das variáveis foram submetidos à análise de variância e posteriormente comparadas pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$). As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Assistat 7.7 beta. Na espécie em estudo, o sombreamento exerceu maior influência sobre a maioria das variáveis analisadas (massa seca total, razão de massa foliar, razão de massa caulinar, razão de massa radicular, diâmetro do coleto, área foliar específica,

razão de área foliar, clorofila total, densidade estomática e comprimento do limbo), contudo, a demanda atmosférica foi um fator limitante para as variáveis altura, comprimento de entrenós, área foliar total e área foliar unitária. De acordo com os dados observados de massa seca total e índice de plasticidade fenotípica, a espécie mostrou preferência por ambiente de demanda atmosférica alta (temperatura média de 25,2°C e déficit de pressão de vapor d'água (DPV) médio de 1,1 Kpa) em condição de sombreamento moderado e pleno sol. Essa resposta reflete aproximadamente as condições preponderantes do centro de origem da espécie, que abrange as regiões de Floresta Tropical Pluvial Amazônica em terra firme e Floresta Tropical Subcaducifólia. Contudo, em ambiente de demanda atmosférica baixa, a condição a pleno sol favoreceu a produção de massa seca total. Desta forma, as mudas da espécie *Shizolobium amazonicum* podem ser indicadas para o uso em projetos de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais, tanto para condições a pleno sol em ambos os ambientes, quanto para condições de sombreamento moderado (58%) em ambiente de demanda atmosférica alta.

Palavras-chave: anatomia, aclimatação, ecofisiologia, morfologia, paricá, temperatura, déficit de pressão de vapor d'água

ABSTRACT

GUIMARÃES, Siléia Oliveira. Growth of *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) under different conditions of shading and atmospheric demand. 2015. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^o. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

The paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) presents itself as an excellent alternative for use in plantations of pure forest stands, agroforestry and land reclamation projects. The wood is used for various purposes, principally in manufacturing blades and plywood. However, despite its economic importance and potential use, the species still needs to be studied in silvicultural terms. Therefore, this study aimed to evaluate the morphological, physiological, anatomical and adaptive responses of *Schizolobium amazonicum* seedlings due to different levels of atmospheric demands and shading. The experiment was conducted in two environments of different atmospheric demands (low and high) with vessels arranged on three metal benches (3.0 x 1.2 x 1.0 m in length, width and height, respectively). In each environment, two benches had two different levels of shading (heavy and moderate using 1.5 m high black nylon screen structures), and one bench had no shade at all (full sun), thus providing 3 different levels of photosynthetically active radiation. We employed a completely randomized design (CRD) with 6 treatments in a 2x3 factorial with six replications and two levels of atmospheric demand and 3 levels of solar radiation, with a total of 36 plants. After being subjected to treatments for 94 days, seedling growth was characterized by measurements of morphological, physiological and anatomic variables and by the phenotypic plasticity index. Mean variables were subjected to analysis of variance and then compared by the Tukey test ($P \leq 0.05$). Analyses were performed using the statistical program Assistat 7.7 beta. In the species studied, shading exerted greater influence on most of the variables analyzed (total dry mass, leaf mass ratio, stem mass ratio, root mass ratio, stem diameter, specific leaf area, leaf area ratio, total chlorophyll, stomatal density and length of leaf surface), however, the atmospheric demand was a limiting factor for the variables of height, internode length, total leaf area and unit leaf area. According to the observed data of total dry matter and the phenotypic plasticity index, the species

showed preference for the environment of high atmospheric demand (average temperature of 25.2 ° C and average vapor pressure deficit (VPD) of 1.1 kPa) in moderate shading and full sun conditions. This response approximately reflects the prevalent conditions of the center of origin of this species, which covers the regions of the Tropical Amazon Rainforest and the Tropical Semideciduous Forest. Still though, in environments of low atmospheric demand, the condition of full sun favored the production of total dry mass. In this way, the seedlings of the species *Shizolobium amazonicum* may be indicated for use in reforestation projects, land reclamation and agroforestry systems under full sun conditions in both high or low atmospheric demand environments or moderate shade (58%) conditions in high atmospheric demand environments.

Keywords: anatomy, acclimation, ecophysiology, morphology, paricá, temperature, water vapor pressure deficit

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Caracterização da espécie <i>Schizolobium amazonicum</i> (Huber ex Ducke)	16
2.2	O efeito da irradiância solar para as plantas	21
2.3	Efeito da temperatura para as plantas	25
2.4	Plasticidade fenotípica	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Local de estudo	29
3.2	Delineamento experimental e análises estatísticas dos dados	29
3.3	Produção e cultivo das mudas	29
3.4	Instalação do experimento e caracterização microclimática	31
3.5	Partição de biomassa	34
3.6	Determinação dos teores de clorofila total	35
3.7	Caracterização da anatomia foliar	36
3.8	Índice de plasticidade fenotípica	36
4	RESULTADOS	37
4.1	Efeito dos fatores e suas interações	37
4.2	Crescimento das plantas	39
4.3	Clorofila total e anatomia foliar	42
4.4	Plasticidade fenotípica.....	45
5	DISCUSSÃO	47
6	CONCLUSÕES	52
7	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O paricá (*Schizolobium amazonicum*, Huber ex Ducke), é uma espécie da família Caesalpinaceae, que dado o excelente ritmo de crescimento e bom índice de estabelecimento no campo, apresenta-se como alternativa para uso em plantios de povoamentos florestais puros, sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas (MARQUES et al., 2004). Sua madeira apresenta densidade média de $0,40 \text{ g/cm}^3$ (IWAKIRI et al., 2010), com indicações de uso para brinquedos, caixotaria leve, portas e principalmente para fabricação de lâminas e compensados (SILVA et al., 2013).

Economicamente, o paricá aparece no cenário nacional como uma das espécies nativas florestais mais plantadas no Brasil, conquistando o mercado nacional e externo devido a qualidade da madeira (AMATA, 2009). No entanto, apesar da importância econômica do paricá e do seu uso potencial, a espécie ainda necessita ser estudada em termos silviculturais (ROSA, 2006). Como as espécies nativas apresentam crescimento e necessidades ecológicas diferentes nos diversos estágios de seu desenvolvimento, o conhecimento da autoecologia das mesmas é muito importante para implantar florestas mistas ou puras (BIZ, et al., 2012).

A sazonalidade dos elementos climáticos como temperatura do ar, umidade relativa do ar e irradiância solar podem alterar o comportamento fisiológico dos vegetais e, conseqüentemente o crescimento e desenvolvimento dos mesmos (FLOSS, 2004; AMARAL et al., 2006). Na maioria das espécies vegetais, a fotossíntese é reduzida quando a planta é submetida a temperaturas extremas, sendo seu valor ótimo em temperaturas intermediárias (HIKOSACA et al., 2006). No entanto, muitas espécies possuem certa plasticidade fenotípica, modificando sua morfologia e fisiologia para responder melhor as condições ambientais (SCHLICHTING, 1986). A aclimação à temperatura e a irradiância solar incidente envolvem mudanças na taxa fotossintética (HIKOSACA et al., 2006).

A disponibilidade de irradiância solar é o fator básico para o fluxo de energia em sistemas biológicos, sendo determinante para os processos fisiológicos das plantas (SARAIVA; SOUZA; RODRIGUES, 2014). As espécies nativas apresentam diversidade de respostas à irradiância solar, principalmente em relação ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e a sobrevivência das mudas (SCALON; ALVARENGA, 1993). Por esta razão, os ambientes com irradiância solar plena ou

sombreamento intenso podem inibir os processos fotossintéticos, seja por falta da entrada de energia ou excesso da mesma (ZHANG et al., 2003).

As plantas que apresentam plasticidade morfofisiológica, ou seja, capacidade de aclimatação a diferentes condições de ambiente, são capazes de responder diferencialmente a níveis de irradiância solar no ambiente por alterações anatômicas, morfológicas e fotossintéticas (PANDEY; KUSHWAHA, 2005; OGUCHI et al., 2005). Estas respostas plásticas fenotípicas realçam a captura de irradiância solar e utilização fotossintética, aumentando o desempenho da planta na sombra (VALLADARES e PEARCY, 1998). A magnitude de aclimatação da planta em resposta a diferentes condições de irradiância solar pode ser analisada através da plasticidade fenotípica (PUGLIELLI et al., 2014).

Neste sentido, evidenciou-se a importância de estudos a respeito da influência de diferentes condições ambientais no desenvolvimento da espécie *Shizolobium amazonicum*. As informações geradas neste tipo de estudo são relevantes para tomada de decisões, que levem a uma maior produtividade e reduções de custo em locais onde se quer implantar a espécie. Desta forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar como o efeito do sombreamento em demanda atmosférica baixa e demanda atmosférica alta influenciou no crescimento da espécie *Shizolobium amazonicum*, com base em respostas morfológicas, fisiológicas, anatômicas e adaptativas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da espécie *Shizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke)

Conhecida popularmente como paricá, pinho-cuiabano, bandarria, faveira, favão, dentre outros nomes comuns, a espécie *Shizolobium amazonicum* ocorre em condições ambientais que vão desde áreas de terra firme até várzeas altas em solos de alta e baixa fertilidade. A região de origem concentra-se na Amazônia Brasileira, ocorrendo nos Estados de Rondônia, Acre, Mato Grosso, Pará, Amazonas e também nas amazônias peruana, colombiana, venezuelana e boliviana (SOUSA; CARVALHO; RAMOS, 2005; FILHO, 2007).

O paricá pertence à família Caesalpinaceae e caracteriza-se por apresentar rápido crescimento, boa adaptabilidade e grande potencial de produção madeireira (GAZEL FILHO et al., 2007). A espécie é considerada pioneira, decídua e atinge dimensões próximas de 40 m de altura e 100 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta. Seu tempo de vida é considerado de curto a médio, em relação às espécies clímax (AMATA, 2009).

De acordo com Rosa (2006), a espécie apresenta tronco cilíndrico e reto, sem nós, revestido por casca grossa. Nas árvores jovens, o tronco tem coloração verde acentuada e com cicatrizes transversais deixadas pela queda das folhas. O fuste mede até 25 m de comprimento. A madeira possui coloração branco-amarelo-clara, com presença de anéis de crescimento distintos e diferença entre cerne e alborno visível (VIDAURRE, 2010). A casca nos dois primeiros anos de idade do paricá é lisa, fina e de coloração esverdeada e logo depois adquire coloração verde-acizentada à medida que cresce, até alcançar a cor esverdeada recoberta de manchas esbranquiçadas (ROSA, 2006).

A espécie apresenta copa galhosa, aberta e obovoide formando uma abóbada perfeita, mas não impede o crescimento da vegetação de sub-bosque (LIMA et al., 2003). As folhas são alternas, compostas, com mais de um metro de comprimento em árvores jovens, reduzindo este tamanho com o desenvolvimento. Em árvores adultas as folhas são bipinadas com 20 a 30 pares de pinas opostas e com pecíolo longo, de até 20 cm (SOUZA et al., 2003). A floração pode ser observada nos períodos de maio a junho (VENTURIERI, 1999) e junho a julho, com flores apresentando coloração amarela, pétalas oblongas, firmes e glabras (RIZZINI, 1971). A frutificação ocorre

entre 18 a 20 anos, a dispersão das sementes ocorre por via anemocórica, apresentando comportamento característico de espécie pioneira com capacidade de se regenerar em clareiras e em áreas degradadas (VENTURIERI, 1999). O fruto é um legume deiscente mono-alado, com asa papirácea, e apresenta coloração amarronzada quando maduro.

O melhoramento genético da espécie encontra-se em fase inicial de pesquisa, com o apoio da EMBRAPA e algumas universidades, na seleção de árvores para testes clonais. Alguns estudos demonstram bons resultados quanto a prática de propagação vegetativa com uso dos métodos de estaquia via ácido indolbutírico (AIB) e micropropagação (ROSA, 2006; OHASHI, 2005; OHASHI et al., 2010).

O potencial silvicultural e tecnológico apresentado pela espécie vêm demonstrando, ao longo dos anos, a sua viabilidade para o reflorestamento nas regiões norte e parte da região nordeste do país (VIDAURRE, 2010), sendo extensamente cultivada pelas empresas madeireiras principalmente nos estados do Pará e Maranhão, além de ser empregada em arborização de praças e jardins amplos, sistemas agroflorestais e reflorestamento de áreas degradadas (AMATA, 2009).

As sementes do paricá são obtidas em matrizes, na ampla área de distribuição natural da espécie (OHASHI, 2005). Estas devem sofrer quebra de dormência para acelerar o processo de germinação, através de métodos mecânicos (LEÃO et al., 2011) e químicos (CRUZ et al., 2007). As mudas são produzidas em viveiros pelas empresas reflorestadoras e submetidas a campo com 25 a 35 cm de altura (SOUZA, 2003). Os espaçamentos mais utilizados são 4 m x 4 m, 4 m x 3 m e 3 m x 4 m, e variam de acordo com a finalidade do empreendimento, a facilidade de mecanização na implantação, manutenção e exploração, além de avaliações para encontrar a melhor expressão de crescimento da planta. O crescimento em altura e DAP são influenciados nos diferentes espaçamentos e quando realizado de forma inadequada podem aumentar os efeitos ambientais como, a demanda hídrica da planta, intensificar a competição interespecífica por luz, diminuir a área de ocupação e disponibilidade de nutrientes (LELES et al., 1998; RONDON, 2002).

Na região amazônica a madeira do paricá é bastante utilizada na produção de lâminas para compensados. A madeira é indicada para produção de forro, palito, fabricação de canoas, material para construção, brinquedos e portas, além dessas utilidades é considerada promissora para obtenção de celulose e papel (ROSA, 2006). A taxa de crescimento do paricá é de 30 a 35 m³/ha/ano, em média, mesmo sem a

adoção de programas de melhoramentos comumente utilizados nos plantios em larga escala no país para outras espécies madeireiras (ABRAF, 2012). Segundo o relatório Iba (2014), a área ocupada por plantios de paricá até o ano de 2013 foi de 87.519 hectares.

A espécie apresenta potencial por apresentar crescimento inicial rápido, copa reduzida, fuste longo, boa capacidade de regeneração quando parcialmente danificada, por aumentar a eficiência biológica em pastagens, permitindo a ciclagem de nutrientes e conforto animal, além da viabilidade econômica, pois os custos hora/máquina por hectare/ano com as operações de limpeza e manutenção de áreas de plantio, são reduzidos (MANESCHY et al., 2009).

Existe pouca informação a respeito de condições biofísicas que favorecem ou desfavorecem o desempenho do paricá. A espécie necessita de condições nutricionais adequadas, tais como, solos com pH superiores a 4,5, responde favoravelmente ao preparo de área com aplicação de N, P, Ca, Mg, Fe e B, porém seu desempenho é bastante reduzido em solos muito argilosos, hidromórficos, compactados ou com alto teor de alumínio (SOUZA et al., 2003; ROSA et al., 2009).

Segundo Rosa (2006), pela sua ocorrência natural, pode-se inferir que o paricá prefere locais com condições climáticas, segundo a classificação Koeppen, Aw (clima tropical com temperatura média mensal superior a 18°C, com período chuvoso e seco bem definido, apresentando um total pluviométrico menor que 60 mm nos meses mais secos) e Am (clima tropical, intermediário entre o Af e Aw, com temperatura média mensal superior a 18°C, sem um período seco bem definido).

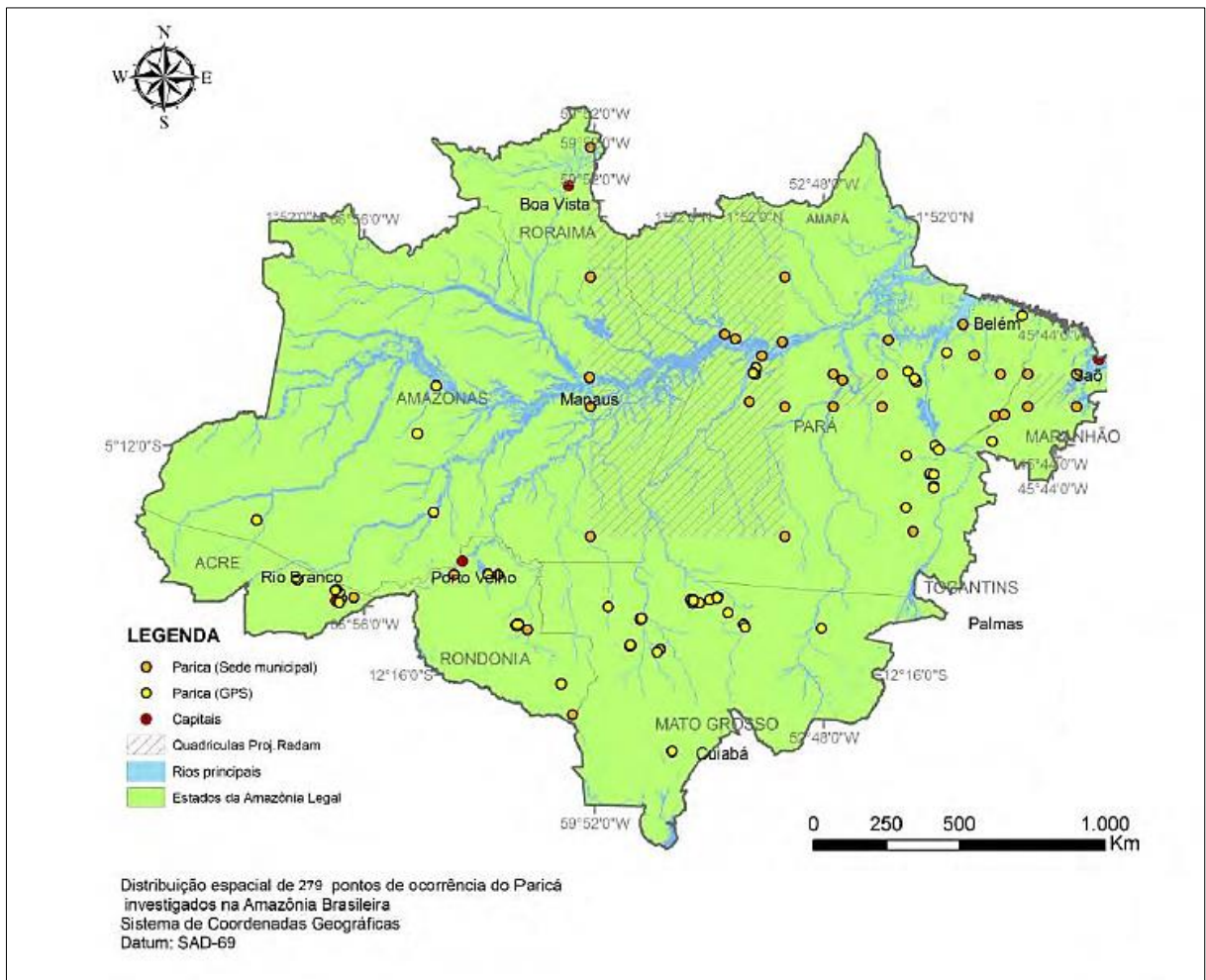
O paricá predomina em áreas com temperatura média do ar entre 25,0 e 26,5°C e altitude até 300 m (MARTORANO et al., 2011), sendo bastante suscetível aos danos causados por ventos fortes, principalmente nos estádios iniciais (1 a 2 anos) de desenvolvimento (SOUZA et al., 2003). Na figura 1 evidencia-se algumas características da espécie, e na figura 2 observa-se a distribuição geográfica da espécie *Shizolobium amazonicum* na Amazônia brasileira.

Figura 1 – *Schizolobium amazonicum*. A) Sementes; B) mudas para expedição; C) árvore adulta; D) lâmina de madeira.



Fonte: o autor (A e B); www.ibflorestas.org.br (C), www.madeiradeverdade.com.br (D)

Figura 2 – Ocorrências naturais da espécie *Shizolobium amazonicum* na Amazônia brasileira.



Fonte: Adaptado de Monteiro (2013).

2.2 O efeito da irradiância solar para as plantas

A irradiância solar possui importância decisiva em todos os processos vitais das plantas, tais como a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos e floração, entre outras (BECKMANN et al., 2006; GUISELINI et al., 2010). A irradiância solar é essencial para o processo de fotossíntese, pelo qual a planta captura a energia e o carbono necessário para os seus processos metabólicos. Esta forma de irradiância solar que está compreendida entre 0,4 a 0,7 μm permite uma melhor avaliação do desenvolvimento das plantas.

A análise do crescimento da planta em termos de irradiância solar interceptada se baseia na eficiência com que esta irradiância solar acumulada é usada para a produção de matéria seca (MOURA, 2001). Dessa forma, a eficiência de conversão da irradiância solar em fitomassa é uma variável frequentemente utilizada em modelos de simulação do crescimento das culturas, pois a produção de biomassa está relacionada com a eficiência com que uma planta converte energia radiante em química, dada pelo processo da fotossíntese (CARON et al., 2014).

A irradiância solar pode afetar a produção e partição de biomassa para os órgãos da planta e alterar a morfologia e composição destes (MAULE, 1995). O crescimento e o desenvolvimento de plântulas ou mudas em um determinado ambiente e a sua capacidade de se adaptar às mudanças ambientais dependem de interações complexas entre atributos morfológicos e fisiológicos (CLAUSSEN, 1996; FRIGERI, 2007; GIVNISH, 1988). A adaptação de plantas a diferentes condições de disponibilidade de irradiância solar ocorre no sentido de maximizar o ganho total de carbono e é variável entre espécies, dependendo do gradiente de irradiância solar que estas recebem ou, ainda, do seu estágio sucessional (DUZ et al., 2004).

Algumas espécies vegetais conseguem se desenvolver em condições de sombreamento por apresentarem mecanismos fotossintéticos melhores adaptados a tais condições, como em sub bosque das florestas, enquanto outras só conseguem desenvolver em locais com alta intensidade de irradiância solar, como acontece em grandes clareiras (PORTELA et al., 2001). Em diferentes sombreamentos as plantas estão expostas a diferentes temperaturas e umidades relativas, sendo a temperatura foliar e o déficit de pressão de vapor, maiores em folhas de sol que em folhas de sombra (YANO; TERASHIMA, 2004).

As plantas se aclimatam às condições de irradiância solar ambiente, por meio de plasticidade fenotípica. Se as condições de irradiância solar mudam, novos ramos são produzidos e as folhas dos ramos originais não adaptadas, senescem e sofrem abscisão. A diferenciação de órgãos e tecidos geralmente não é reversível (COSTA et al., 1998; ZHANG; MA e CHEN, 2003; DAMATTA, 2004).

A adaptação fenotípica às condições predominantes de irradiância solar do ambiente ocorre principalmente durante o crescimento e diferenciação do órgão assimilador. Dessa forma, resultam em características morfológicas, histológicas, ultraestruturais e bioquímicas, as quais condicionam o comportamento das trocas de CO₂ sob alta e baixa irradiância solar (LARCHER, 2000).

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à aclimação a diversos ambientes é o conteúdo de clorofila e de carotenoides (JESUS; MARENCO 2008; SCALON et al., 2003). As clorofilas e os carotenoides encontram-se densa e rigorosamente organizados nas membranas dos cloroplastos. As moléculas desses pigmentos, nas membranas dos tilacóides, estão estruturadas de modo a otimizar a absorção de luz e a transferência da energia de excitação eletrônica para os centros de reação da fotossíntese (KERBAUY, 2008).

A clorofila a (Chl a) está presente em todos os organismos fotossintetizantes (TAIZ; ZEIGER, 2013) e a clorofila b (Chl b) é encontrada nas plantas, algas verdes e euglenófitas (KERBAUY, 2008). A Chl b é particularmente importante em condições de sombreamento, uma vez que absorve a luz em maiores comprimento de onda (TAIZ; ZEIGER, 2013). A concentração total, a razão entre ambos os pigmentos e entre as clorofilas a e b mudam em função da intensidade da irradiância solar (SCALON et al., 2003). A razão entre as clorofilas a e b, de uma maneira geral, tende a diminuir com a redução da irradiância (BOARDMAN, 1977; GIVINISH, 1988), devido a uma maior proporção relativa de clorofila b em ambiente sombreado (ALMEIDA et al., 2005a). A concentração e a proporção de pigmentos fotossintéticos das folhas variam com a espécie, o ambiente e a idade da folha (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979; POPMA; BONGERS, 1991).

A partir da molécula de Chl a, cujo pico de absorção de irradiância é no comprimento de onda de 680 nm do espectro visível, os elétrons oriundos da oxidação da molécula de água são transferidos para a cadeia transportadora de elétrons da fotossíntese. Segundo Engel e Poggiani (1991), a combinação entre as Chl a e Chl b

e os pigmentos acessórios permite maior captação da energia luminosa, conferindo às plantas maior eficiência fotossintética, crescimento, plasticidade e aclimação. As Chl a e b absorvem irradiância solar visível principalmente na faixa do azul e do vermelho e os carotenóides entre o azul e o ultravioleta (STREIT et al., 2005).

Os carotenóides, pigmentos amarelos e laranjas, desempenham as funções de absorção de luz nos complexos de captação e ação fotoprotetora do aparelho fotossintetizante, prevenindo danos foto-oxidativos às moléculas de clorofila. Absorvem a luz azul e repassam energia para a clorofila para uso na fotossíntese (KERBAUY, 2008). De acordo com Oliveira et al. (2008), os carotenóides dissipam, na forma de calor, a energia química armazenada pelas clorofilas.

A variação da concentração total dos pigmentos fotossintéticos e da proporção entre os mesmos, em função da intensidade da irradiância solar, torna a absorção de luz mais eficiente sob baixa irradiância e protege contra os efeitos fotodestrutivos em condições de alta irradiância (CLAUSSEN, 1996).

Algumas modificações no metabolismo, no desenvolvimento e na morfologia das plantas podem ser indicativas de aclimação a ambientes de elevada incidência de irradiância solar, como uma estratégia para diminuir ou evitar danos (LARCHER, 2000). Dentre essas modificações, se observa a presença de superfícies refletoras e de pêlos e aumento da espessura foliar, como prevenção ao dessecamento e ao superaquecimento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A anatomia vegetal pode indicar características que atribuem tolerância a diferentes condições ambientais para as plantas, como tolerância à seca (BATISTA et al., 2010; GRISI et al., 2008) e características da irradiância solar, tais como a qualidade e intensidade da irradiância solar que incidem sobre as folhas das plantas (SANTIAGO et al., 2001) ou estresses como o alagamento (SOUZA et al., 2007; SOUZA et al., 2010) promovendo modificações na espessura do mesofilo, nos tecidos vasculares, na espessura da epiderme, na espessura da cutícula, na densidade e demais características estomáticas para a tolerância a essas condições.

A anatomia foliar é altamente especializada para a absorção de irradiância solar, e as propriedades do mesofilo, sobretudo do parênquima paliçádico, garantem a absorção uniforme de irradiância solar em nível foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013). A intensidade de irradiância solar durante o desenvolvimento de uma folha pode modificar sua anatomia e morfologia (YANO; TERASHIMA, 2004), incluindo o número e dimensões das células do mesofilo. Desta forma, a aclimação do maquinário

fotossintético e as alterações anatômicas proporcionam variações nos padrões de crescimento e alocação de biomassa como respostas à variação da irradiância (CHAZDON et al., 1996).

2.3 Efeito da temperatura para as plantas

Cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, mas o ótimo crescimento só pode ser alcançado se os diversos processos envolvidos no metabolismo e no desenvolvimento estiverem em equilíbrio uns com os outros (LARCHER, 2000). A temperatura em que a quantidade de CO₂ fixada durante a fotossíntese é igual à quantidade de CO₂ liberada pela respiração, em um determinado intervalo de tempo, é denominado ponto de compensação da temperatura. Em temperaturas acima desse ponto de compensação, a fotossíntese não consegue repor o carbono usado como substrato para a respiração (TAIZ; ZEIGER, 2013).

No geral as plantas que crescem em ambientes com temperaturas mais elevadas apresentam máxima taxa fotossintética a maiores temperaturas (BERRY; BJORKMAN, 1980). Em condições muito elevadas de temperatura, o estresse pode promover danos ao fotossistema II (PSII), reduzindo o transporte de elétrons e a assimilação do CO₂. As plantas tropicais quando expostas a baixas temperaturas, podem sofrer uma forma de estresse na qual rapidamente ocorre a inibição da fotossíntese, mesmo em moderadas intensidades de luz (BAKER; ROSENQVIST, 2004).

Normalmente, temperaturas foliares altas são correlacionadas com elevados níveis de irradiância solar. As temperaturas foliares podem subir de 4 a 5°C acima da temperatura do ar do ambiente sob a irradiância solar em torno do meio-dia, quando o déficit de água no solo provoca fechamento parcial dos estômatos ou quando a umidade relativa alta reduz o gradiente que governa o esfriamento evaporativo (TAIZ; ZEIGER, 2013). O superaquecimento está associado com a forte irradiância solar solar, elevado déficit de pressão de vapor (DPV) e escassez de recursos hídricos, e conseqüentemente esses fatores juntos resultam na intensificação dos efeitos deletérios decorrentes das altas temperaturas, levando a planta à uma condição de estresse. Assim, tais efeitos acarretam mudanças nas características metabólicas, fisiológicas e anatômicas (LEVITT, 1980; LARCHER, 2000).

Em relação a fisiologia, a resposta fotossintética à temperatura varia entre espécies e também dentro da mesma espécie sob diferentes temperaturas de crescimento. Nas espécies florestais, a taxa de assimilação de CO₂ é geralmente limitada por altas temperaturas, causando a diminuição ou inibição da atividade

carboxilase da rubisco (ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase) (BERRY; BJORKMAN, 1980; HALLGREN et al., 1991).

Segundo Flexas et al. (2006), embora os efeitos das altas temperaturas sobre o aparato fotossintético sejam restritivos, a exposição a longos períodos nas condições sub-letais pode levar a uma aclimatação fisiológica da planta, permitindo a manutenção de sua homeostase. Por outro lado, em baixas temperaturas, a velocidade das reações químicas diminui, alterando o equilíbrio destas reações em direção à liberação de energia. Algumas plantas de origem tropical sofrem danos letais sob temperaturas entre aproximadamente 10 e 0°C. A progressão e a extensão da injúria provocada por baixas temperaturas, depende do grau de resfriamento, sua duração e a velocidade que a temperatura muda durante o resfriamento e durante o reaquecimento (LARCHER, 2000).

2.4 Plasticidade fenotípica

As plantas podem responder às mudanças ambientais, alterando diretamente sua fisiologia ou morfologia para que possam sobreviver ao novo ambiente. Essas respostas não exigem novas modificações genéticas e, se a resposta de um indivíduo o capacite por exposição repetida à nova condição ambiental, então a resposta é de uma aclimatação (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas respostas são frequentemente referidas como plasticidade fenotípica e representam mudanças não permanentes na fisiologia ou morfologia do indivíduo, que podem ser revertidas se as condições ambientais prevalentes mudarem (DEBAT; DAVID, 2001).

Em qualquer ambiente em que a planta se estabeleça, estará sempre sujeita às condições variadas de estresse, os quais poderão limitar seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência (LARCHER, 2000). Contudo, a plasticidade fenotípica é considerada o mecanismo de aclimatação mais importante que as plantas possuem para responder a alterações no seu ambiente em curto prazo (KUIPER; KUIPER, 1988). Atualmente, reconhece-se que a plasticidade fenotípica é expressa continuamente em todas as plantas e na maioria das vezes é parte integrante dos mecanismos pelo qual as plantas sobrevivem, capturam recursos, repelem herbívoros e patógenos e deixam descendentes (GRIME; MACKEY, 2002).

O nível de plasticidade fenotípica depende muitas vezes dos detalhes da característica individual do organismo, e variam apenas em relação a certos parâmetros ambientais. Por exemplo, enquanto uma dada característica de um organismo pode ser flexível em resposta a alterações de temperatura, a mesma pode também ser estável em relação à variação de nutrientes ou vice-versa (WEST-EBERHARD, 2003).

Variações na temperatura, irradiância solar, níveis de água e condições edáficas influenciam no desenvolvimento das plantas, logo a falta ou o excesso de algum desses fatores pode prejudicar o desenvolvimento natural da planta (SCHLUTER et al., 2003). Esses fatores ambientais podem causar profundas diferenças nos fenótipos de muitas espécies de plantas ocasionando a plasticidade fenotípica. Um exemplo é a luminosidade do habitat, a qual pode promover alterações fenotípicas tanto na morfologia quanto na fisiologia dos indivíduos (LARCHER, 2000).

Os ajustes fenotípicos para a aclimatação das plantas em diferentes condições de irradiância solar atuam, principalmente, na regulação da fotossíntese dentro dos

limites genéticos específicos, de forma a manter um balanço positivo de carbono (KRAUSE et al., 2001). Esses ajustes podem ser fisiológicos, morfológicos e anatômicos e variam de acordo com o nível de irradiância solar e as características de plasticidade do indivíduo (KELLY et al., 2009). O grau de plasticidade na utilização da irradiância solar no processo fotossintético é um fator determinante na distribuição das espécies vegetais em ambientes heterogêneos, como o das florestas tropicais (FAVARETTO, 2009; SOUZA et al., 2009; VIEIRA et al., 2012).

De acordo com Kitajima (1996), a capacidade de aclimação a mudanças na intensidade de irradiância solar varia entre as espécies e dentro de uma mesma espécie. Segundo Lee et al. (2000), os indivíduos quando expostos a alterações de irradiância solar, respondem a essas mudanças com a produção de folhas com características morfo-estruturais diferenciadas. A capacidade de resposta às alterações na disponibilidade de luz varia não apenas entre as espécies (THOMPSON et al., 1992), como também ao longo do desenvolvimento. Plantas jovens apresentam maiores níveis de plasticidade em relação às adultas, o que demonstra a importância da plasticidade no estabelecimento das espécies florestais no ambiente (VALLADARES et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de estudo

O estudo foi realizado em casa de vegetação climatizada pertencente ao Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES, nas coordenadas geográficas 20° 47' 8" S e 41° 23' 52" O.

3.2 Delineamento experimental e análises estatísticas dos dados

Empregou-se delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 6 tratamentos, em esquema fatorial 2x3 com 6 repetições, sendo 2 níveis de demanda atmosférica e 3 níveis de irradiância solar, com um total de 36 plantas. As médias das variáveis morfológicas, fisiológicas e anatômicas foram submetidos à análise de variância e comparadas pelo teste Tukey ($P \leq 0.05$). As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico Assisat 7.7 beta.

3.3 Produção e cultivo das mudas

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes de paricá (*Shizolobium amazonicum*) fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Florestas – IBF. As sementes foram coletadas em Setembro de 2013, em área de coleta de sementes (ACS) de matrizes de florestas naturais no município de Iporá, estado de Goiás.

O município de Iporá encontra-se entre os paralelos 16°46' e 16°58' de Latitude S e os meridianos 50°46' e 52°14' a O. A altitude média varia de 400 a 800 metros acima do nível do mar. O clima predominante na região é o tropical úmido, com estação seca e chuvosa, bem definidas. Utilizando-se o sistema classificador de Thornthwaite, Alves e Specian (2008) classifica o clima em Iporá como Primeiro Úmido, com moderado déficit hídrico no inverno e excesso no verão (B1WW2). As médias anuais de precipitação variam de 1200 a 1600 mm. A temperatura média anual no município é de 24,4 °C e a média máxima de temperatura é de 29°C.

Com o intuito de se obter uniformidade na germinação, as sementes passaram por escarificação mecânica na parte lateral próximo à base, utilizando-se lixa d'água

grão 80, sendo dispostas em bandejas contendo papel germitex umedecido, e posteriormente colocadas em câmara BOD com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Foram necessários 7 dias para a germinação completa. Após a germinação, as sementes foram transferidas para tubetes de 280 cm³ contendo substrato comercial bioesterilizado a base de pinus, turfa, vermiculita, superfosfato simples, nitrato de potássio e produtos formulados de terceiros. Em seguida os tubetes foram transferidos para casa de vegetação com temperatura média de 25 C°, estes foram irrigados a cada dois dias.

Com 60 dias após a semeadura, 36 mudas foram selecionadas para estudo com base na uniformidade em altura, número de folhas e folíolos. Após seleção, foram transplantadas para vasos de 21,5 litros, com profundidade de 30 cm, diâmetro superior de 37 cm e diâmetro inferior de 27 cm, contendo furos na parte inferior para percolar o excesso de água.

O substrato utilizado nos vasos foi composto de solo extraído na profundidade de 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (60%), areia lavada (30%) e substrato comercial (10%). De acordo com a análise granulométrica realizada, o substrato utilizado é classificado como franco-argilo-arenoso, com 2% de silte, 35% de argila e 63% de areia. Durante o experimento o substrato foi mantido na capacidade de campo (CC), controlando-se essa condição hídrica de acordo com a metodologia aplicada por Pereira et al. (2005), na qual pesagens diárias foram realizadas com auxílio de uma balança com precisão de dez gramas, contabilizando a perda de água e irrigando para a manutenção da CC. A adubação foi realizada à cada duas semanas, de acordo com a análise química do substrato (Tabela 1) e recomendações técnicas usuais para a cultura de acordo com Caione; Lange; Schoninger (2012).

Tabela 1 – Características químicas do substrato utilizado no experimento com a espécie *S. amazonicum*.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O.
H ₂ O	mg/dm ³			cmol/dm ³			g/kg		
5,9	23	68	11	1,4	1,0	0,0	2,0	5,2	9,0

CTC(t)	CTC(T)	S.B.	V	m	ISNa	Fe	Cu	Zn	Mn
cmol/dm ³					%		mg/dm ³		
9,0	2,62	4,62	2,62	56,7	0,0	65	0,3	1,7	27

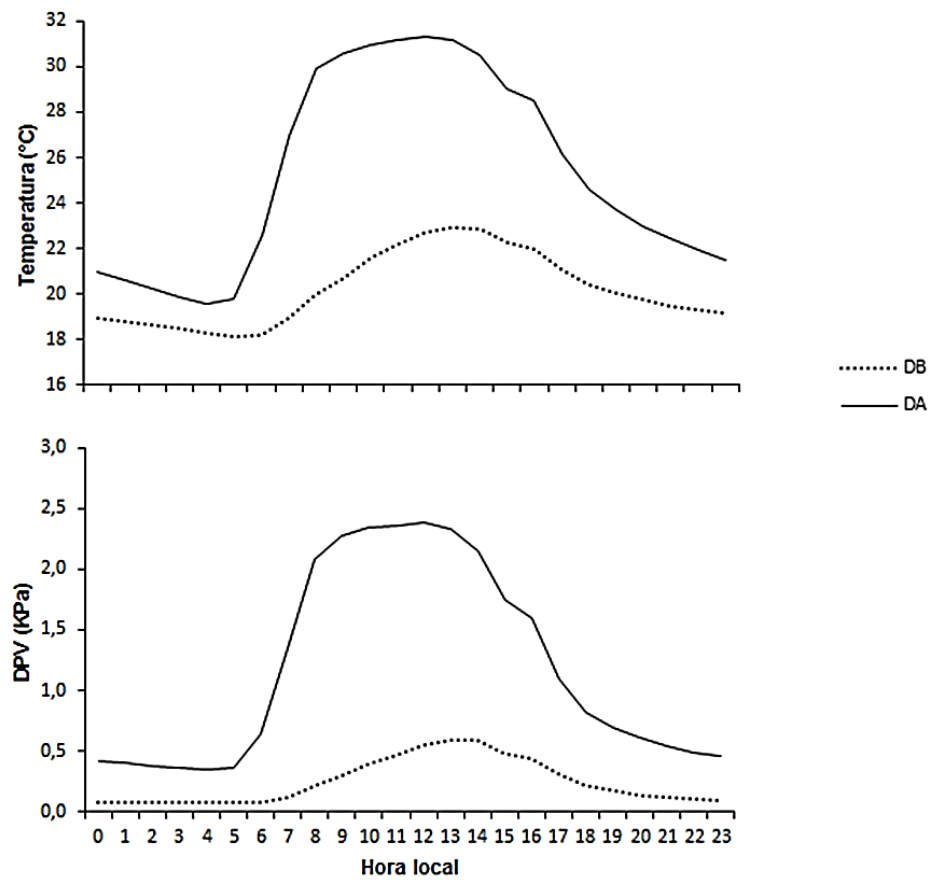
Métodos de extração: pH: Água Relação 1:2,5; S: Fosfato monocálcio em ácido acético; P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Mn: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl-1mol/L; H+Al: Acetato de Cálcio-0,5mol/L-pH7,0; P-rem: Solução de equilíbrio 60 mg/L P; M.O.: walkley-black; B: água quente. CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; S.B.: Soma de Bases Trocáveis; V: Índice de Saturação de Bases; m: Índice de Saturação de Alumínio; ISNa: Índice de Saturação de Sódio; P-rem: Fósforo Remanescente. Fonte: o autor.

3.4 Instalação do experimento e caracterização microclimática

O experimento foi conduzido em dois ambientes, um com demanda atmosférica baixa (DB) e outro com demanda atmosférica alta (DA). Em cada ambiente, 18 vasos com as mudas foram dispostos em três bancadas de metal de 3,0 x 1,2 x 1,0 m de comprimento, largura e altura, respectivamente. Nestes ambientes, duas bancadas foram sombreadas por meio de estruturas de 1,5 m de altura com tela de nylon, cor preta, com níveis de sombreamento distintos e uma bancada permaneceu sem proteção (pleno sol), proporcionando desta forma 3 diferentes níveis de irradiância solar. As mudas passaram por um período de aclimação de 13 dias em seus respectivos tratamentos e posteriormente conduziu-se o experimento.

Durante o experimento, a caracterização microclimática dentro de cada ambiente foi realizada utilizando-se estações meteorológicas automáticas, compostas por sensores de temperatura e umidade relativa do ar marca Vaisala, modelo CS500. Os dados foram coletados a partir de um datalogger (Campbell Scientific Inc, CR-10x) com leituras de dados a cada 10 segundos e armazenamento a cada 5 minutos. O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da estimativa da pressão de saturação de vapor d'água (es) e pressão parcial de vapor (ea) de acordo com Pereira et al., (2002). As variações de temperatura e DPV foram caracterizadas pelas médias horárias em gráficos representados pela figura 3. A tabela 2 apresenta os valores máximos, médios e mínimos diários.

Figura 3 – Curso médio diário da temperatura média do ar e déficit de pressão de vapor (DPV), nos ambientes de demanda atmosférica baixa (DB) e demanda atmosférica alta (DA), no período de 16 de julho de 2014 a 18 de outubro de 2014.



Fonte: o autor

Tabela 2 – Valores máximos, médios e mínimos diários de temperatura e déficit de pressão de vapor no período de 16 de julho de 2014 a 18 de outubro de 2014, nos ambientes de demanda atmosférica baixa (DB) e demanda atmosférica alta (DA).

	Temperatura do ar (°C)		Déficit de pressão de vapor (Kpa)	
	DB	DA	DB	DA
Máxima	22,9	31,3	0,5	2,3
Média	20,2	25,2	0,2	1,1
Mínima	18,1	19,6	0,1	0,3

Fonte: o autor

Durante o experimento, em seis dias totalmente ensolarados entre os meses de julho a outubro, foram realizadas medições para caracterizar a atenuação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no interior de cada sombrite e em pleno sol, nos dois ambientes. A RFA foi medida com um sensor de barra de um metro de comprimento, marca LI-COR, modelo Line Quantum, acoplado a um *datalogger* da marca LI-COR, modelo LAI-2000. As medições foram realizadas à cada duas horas, nos horários de 10, 12, 14 e 16 horas. A partir da razão entre RFA dos sombrites e a RFA a pleno sol, obtiveram-se os percentuais de 58 e 87% de sombreamento. As médias dos tratamentos de RFA presentes nos dois ambientes podem ser visualizados através da tabela 3, e as estruturas de sombreamento e o sensor utilizado estão ilustrados na figura 4.

Tabela 3 – Caracterização da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) correspondente às porcentagens de sombreamento estabelecidas nos ambientes estudados, nos horários de 10, 12, 14 e 16 entre os meses de julho a outubro.

Condição	RFA ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	Nível de sombreamento
Intenso	135 \pm 55	87%
Moderado	425 \pm 175	58%
Pleno sol	1019 \pm 266	0%

Fonte: o autor.

Figura 4 – Visualização do experimento e materiais utilizados no interior da casa de vegetação. Mudanças dispostas a pleno sol (A), mudanças dispostas no interior de estrutura de sombreamento (B, C) e sensor de barra com data logger marca LI-COR (D) para medição da radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA).



Fonte: o próprio autor.

3.5 Partição de biomassa

O experimento teve duração de 94 dias (16 de julho a 18 de outubro de 2014). No final desse período foram mensuradas as variáveis morfológicas: altura (ALT), diâmetro ao nível do coleto (DC), número de nós (NN), comprimento dos entrenós (CEN), número total de folhas (NTF), número total de folíolos (NTFO), área foliar total (AFT), massa seca total (MST), massa foliar (MSF), massa seca caulinar (MSC) e massa seca radicular (MSR).

A ALT do caule e do CEN das mudas foram medidos com uma régua milimetrada e o DC foi medido ao nível de 5 cm do solo com o auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros. O número de nós, folhas e folíolos foram contados. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar os resíduos de solo. A AFT foi medida na planta como um todo, e separadamente selecionou-se duas

folhas totalmente expandidas denominadas localizadas no primeiro e segundo nó logo abaixo da gema terminal com o intuito de determinar a área foliar específica (AFE) da planta. A área de cada folha índice e a área foliar total foi medida utilizando-se um medidor de área foliar (LI-COR, LI 3100). A massa seca total foi obtida após a secagem das folhas, caules e raízes em estufa de circulação forçada, a uma temperatura de 65°C durante 72 horas até massa constante e em seguida pesada com auxílio de balança analítica.

A partir dos dados das variáveis mensuradas anteriormente, foram calculadas os índices morfológicos de crescimento: área foliar específica (AFE= área foliar/MF); área foliar unitária (AFU)=área foliar total/nº de folhas; razão de área foliar (RAF=AF/MST); razão de massa foliar (RMF=MF/MST); razão de massa caulinar (RMC=MC/MST) e razão de massa radicular (RMR=MR/MST).

3.6 Determinação dos teores de clorofila total

Foram coletadas aleatoriamente folíolos na parte mediana de cada “folha índice”, armazenando-os imediatamente em caixa de isopor com gelo e logo após guardadas em freezer até a posterior análise dos pigmentos. No momento da análise, pesou-se 0,8 g de massa fresca de folíolos por indivíduo e o material foi macerado com 0,5 ml de solução de acetona 80%, em sala escura, de acordo com a metodologia de Arnon (1949). O extrato macerado foi filtrado com papel filtro para um balão volumétrico de 50 ml, sendo o volume completado com solução de acetona 80%. Após a extração, realizou-se leitura espectrofotométrica de absorbâncias em 470, 646 e 663 nm. As Clorofilas *a* e *b* extraídas e suas concentrações foram estimadas conforme Lichtenthaler (1987):

$$\text{Clorofila } a = Ca = 12,25 A_{663} - 2,79 A_{646}$$

$$\text{Clorofila } b = Cb = 21,50 A_{646} - 5,10 A_{663}$$

$$\text{Clorofilas totais} = C(a + b) = 7,15 A_{663} + 18,71 A_{646}$$

Onde: A_{663} = absorbância a 663 nm; A_{646} = absorbância a 646 nm; A_{470} = a absorbância a 470 nm.

3.7 Caracterização da anatomia foliar

Foram coletados folíolos aleatoriamente da parte mediana de cada folha índice e fixados por 48 horas em formalina-ácido acético-álcool (FAA 50) 50% e posteriormente estocados em álcool 70%. Cortes transversais do terço mediano do limbo foram feitos à mão livre com auxílio de lâmina de barbear e, em seguida, montados entre lâmina e lamínula em água glicerinada (3:1). Foram realizadas medições de espessura do limbo.

A determinação da densidade estomática (número de estômatos por unidade de área) foi realizada através da impressão da epiderme em lâminas de vidro com utilização de adesivo instantâneo, em ambas as faces da folha. As observações e a documentação fotográfica foram realizadas em fotomicroscópio (Nikon, Eclipse 50i, Japão). Para as análises quantitativas utilizou-se o analisador de imagens TSVIEW v.6.1.3.2 (Tucsen Imaging Technology Co. Limited).

3.8 Índice de plasticidade fenotípica

A plasticidade fenotípica foi avaliada tendo como base as características morfológicas, fisiológicas e anatômicas, utilizando-se o Índice de plasticidade (IP) baseado em distâncias relativas (“relative distance plasticity index” - RDPI), descrito por Valladares et al. (2006). Para isso foram calculadas as distâncias relativas (RD) entre os valores das variáveis para todos os pares de indivíduos de uma mesma população, crescidos em tratamentos de irradiâncias e demandas atmosféricas diferentes. As RD foram calculadas pela fórmula: $RD_{ij \rightarrow i'j'} = d_{ij \rightarrow i'j'} / (x_{i'j'} + x_{ij})$ onde j e j' são indivíduos pertencentes a diferentes tratamentos de sombreamento (i e i') e $d_{ij \rightarrow i'j'}$ é a distância obtida pela diferença entre duas médias dos diferentes níveis de sombreamento ou demanda atmosférica ($x_{i'j'} - x_{ij}$). Para calcular o IP dos níveis de irradiância e dos ambientes foi utilizado 1 e 3 RD, respectivamente, para cada fator, com a fórmula: $RDPI = \sum(d_{ij \rightarrow i'j'} / (x_{i'j'} + x_{ij})) / n$, onde n é o número total de RD. O índice varia de zero (nenhuma plasticidade) a um (plasticidade máxima), que de acordo com Valladares (2005), são consideradas muito plásticas as variáveis com IP superior a 0,6 e não plásticas, próximo de 0.

4 RESULTADOS

4.1 Efeito dos fatores e suas interações

Para analisar o efeito dos fatores (demanda atmosférica e irradiância solar) e suas interações, foram estudadas 13 variáveis. As variáveis MST, ALT, AFT, AFU, RMF, RMC e RMR apresentaram respostas significativas com a interação dos fatores, sendo RMF e RMC as variáveis mais influenciadas pela interação (Tabela 4).

Analisando-se independentemente as variáveis, a maior proporção da variação dos dados foi explicada pelo fator sombreamento, para as variáveis MST, DC, AFE, RAF, RMF, RMR, Chl t e DE, destacando-se a variável RAF com o maior valor. Para o fator demanda atmosférica, as variáveis ALT, CEN, AFT e AFU apresentaram maior proporção de variância explicada, destacando-se a variável ALT (Tabela 4).

Tabela 4 – Proporção de variância em porcentagem (Soma de quadrados da variável/Soma de quadrados total) explicada pelos fatores demanda atmosférica (alta e baixa), níveis de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) e pela interação entre esses fatores em mudas de *Shizolobium amazonicum* durante 94 dias de tratamento. MST=Massa seca total (g); ALT=Altura (cm); DIA=Diâmetro do coleto (cm); CEN=Comprimento de entrenós; AFT=Área foliar total (cm²); AFU= área foliar unitária (cm² n⁻¹); AFE= área foliar específica (cm² g⁻¹); RAF = razão de área foliar (cm² g⁻¹); RMF = razão de massa foliar (g g⁻¹); RMC = razão de massa caulinar (g g⁻¹); RMR = razão de massa radicular (g g⁻¹); Chl t= clorofila total (gkg⁻¹ MF); DE = Densidade estomática (n^o/mm²); LI = Limbo (µm).

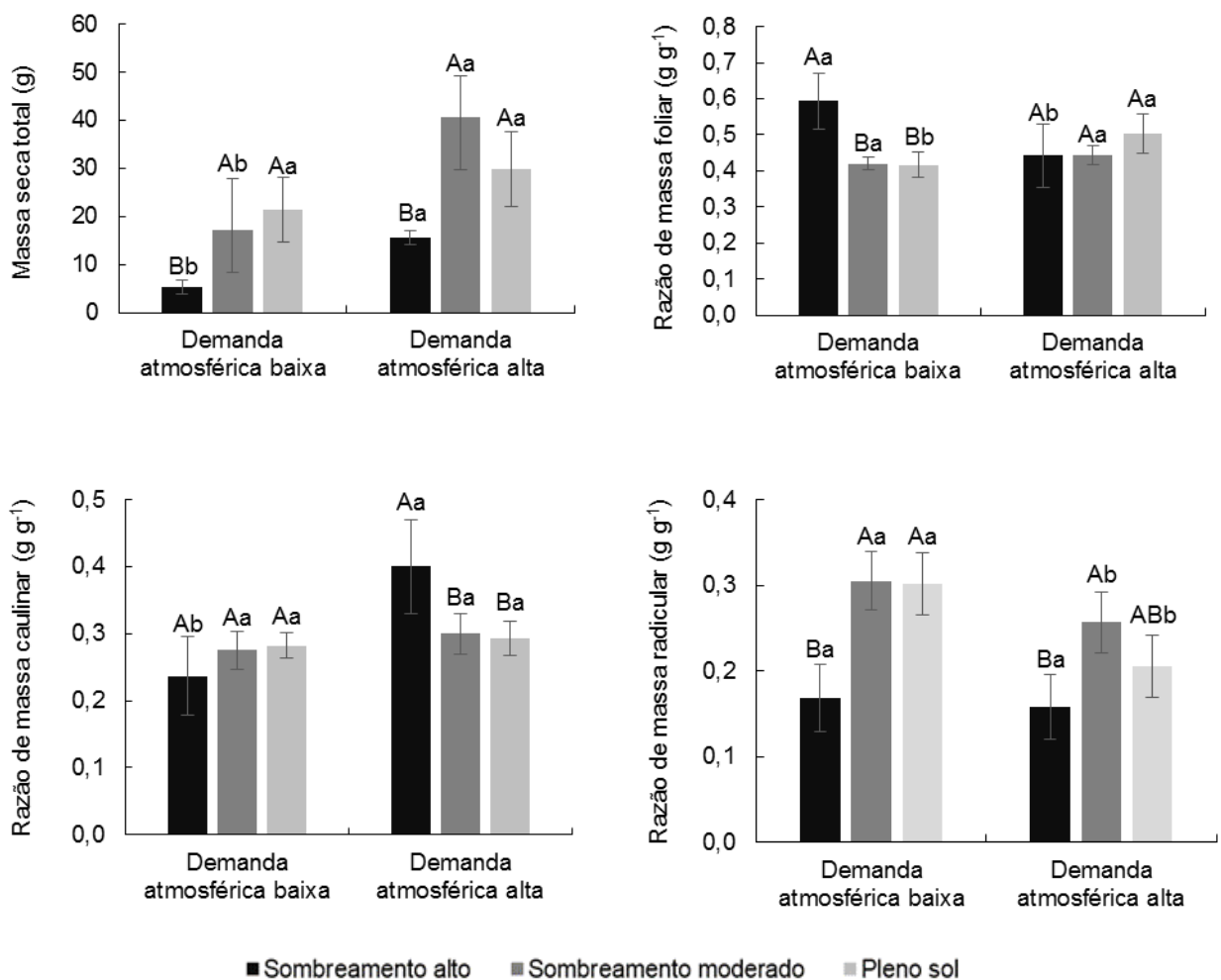
Variáveis	Fatores		Interação D x IS	R ²	CV%
	Demanda atmosférica (D)	Irradiância solar (IS)			
MST	28**	37**	6*	71	35,6
ALT	69**	5*	10**	84	16,3
DC	6 ^{ns}	40**	8 ^{ns}	54	19,1
CEN	52**	9*	3 ^{ns}	64	23,5
AFT	51**	13**	14**	78	26,2
AFE	1 ^{ns}	50**	4 ^{ns}	54	34,7
AFU	57**	11**	11**	79	26,6
RAF	0,4 ^{ns}	77**	2 ^{ns}	80	21,5
RMF	0,7 ^{ns}	19**	36**	55	13,1
RMC	25**	5 ^{ns}	27**	57	15,9
RMR	14**	52**	6*	72	17,3
Chl t	0,4 ^{ns}	47**	5 ^{ns}	52	23,3
DE	17**	46**	3 ^{ns}	66	19,2
LI	1 ^{ns}	20*	17*	38	11,4

Nível de significância, avaliado pelo teste F (* P<0,05, ** P<0,01, ^{ns} P>0,05) para cada fator e para a interação são indicados. A variabilidade dos dados em relação as médias é indicado pelo coeficiente de variação (CV%). R² é a proporção da variância total explicada pelo modelo. Fonte: o autor.

4.2 Crescimento das plantas

Analisando-se o crescimento e morfologia da espécie *S. amazonicum*, observou-se que as variáveis massa seca total e razão de massa radicular foram superiores em sombreamento moderado e a pleno sol, em ambas as demandas atmosféricas. A razão de massa foliar apresentou maior valor em demanda atmosférica baixa e a razão de massa caulinar foi maior em demanda atmosférica alta, ambas sob intenso sombreamento (Figura 5).

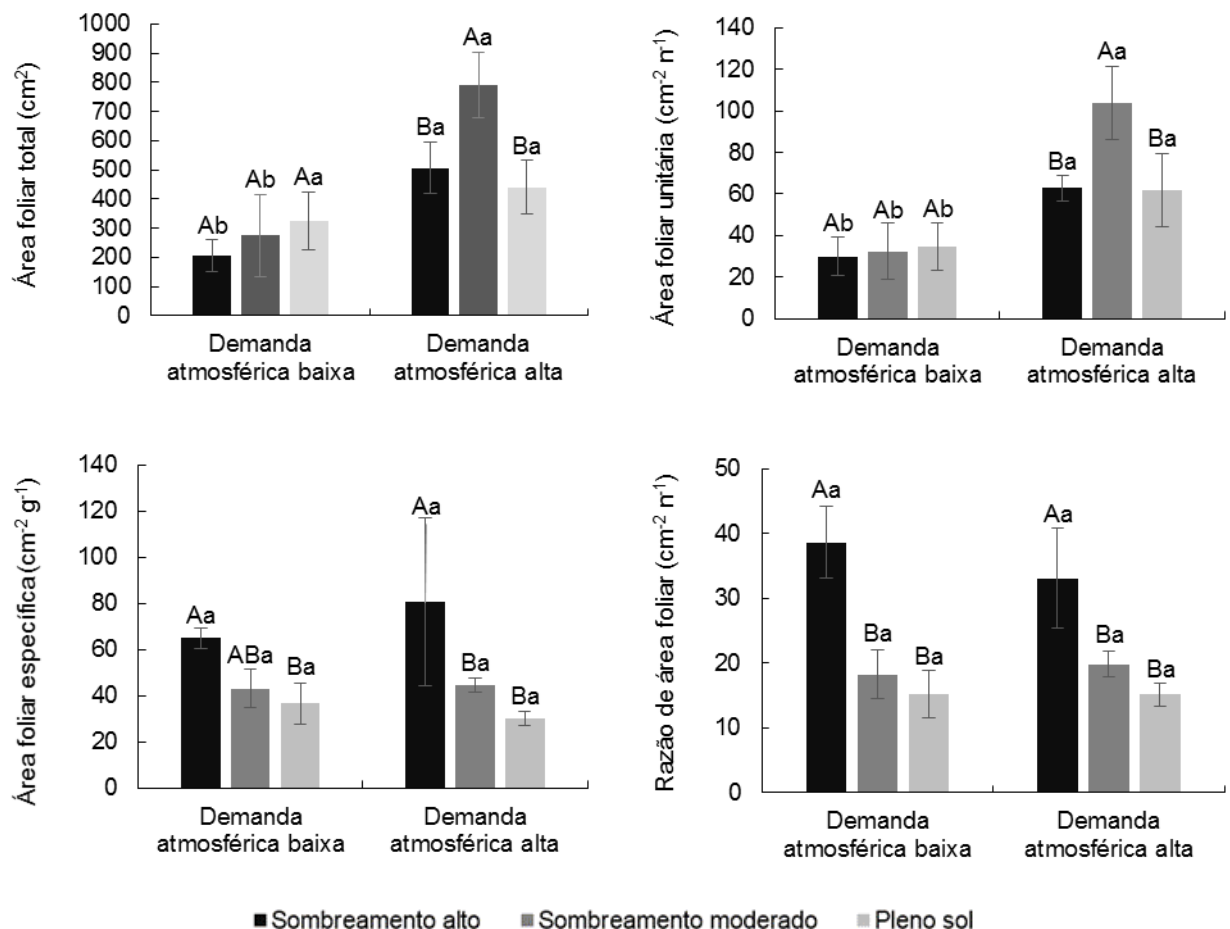
Figura 5 – Valores médios de massa seca total, razão de massa foliar, razão de massa caulinar e razão de massa radicular de mudas de *Shizolobium amazonicum*, submetidas a diferentes condições de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) e de demanda atmosférica (alta e baixa). Médias seguidas por letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre as demandas atmosféricas e letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os níveis de irradiância solar pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Fonte: o autor.

A área foliar total (AFT) e a área foliar unitária (AFU) foram superiores em ambiente de demanda atmosférica alta sob condição sombreada, destacando-se com maiores valores em sombreamento moderado. Já em demanda atmosférica baixa, os níveis de irradiância solar não proporcionaram diferenças nas variáveis AFT e AFU. A área foliar específica (AFE) apresentou valor superior em condição moderada e intensa de sombreamento em ambas as demandas atmosféricas. A razão de área foliar (RAF) foi superior em intenso sombreamento em ambas as demandas atmosféricas (Figura 6).

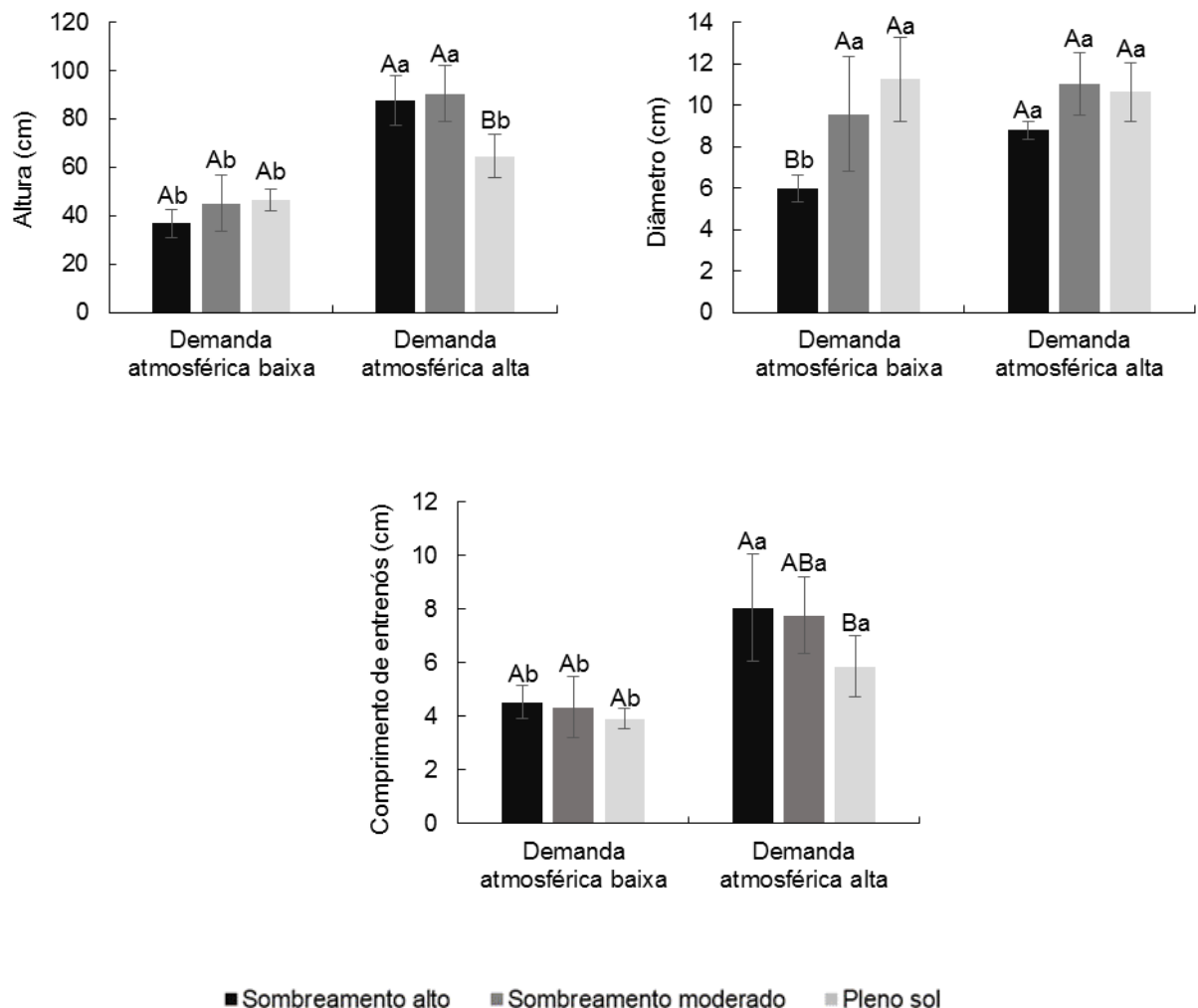
Figura 6 – Valores médios de área foliar total, área foliar unitária, área foliar específica e razão de área foliar de mudas de *Shizolobium amazonicum*, submetidas a diferentes condições de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) e de demanda atmosférica (alta e baixa). Médias seguidas por letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre as demandas atmosféricas e letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os níveis de irradiância solar pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Fonte: o autor.

Observou-se que a altura e o comprimento de entrenós apresentaram valores superiores em ambiente de demanda atmosférica alta sob moderado e intenso sombreamento, já o diâmetro do coleto foi superior em ambiente de demanda atmosférica baixa sob condição moderada de sombreamento e a pleno sol (Figura 7).

Figura 7 – Valores médios de altura, diâmetro e comprimento de entrenós de mudas de *Shizolobium amazonicum*, submetidas a diferentes condições de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) e de demanda atmosférica (alta e baixa). Médias seguidas por letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre as demandas atmosféricas e letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os níveis de irradiância solar pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

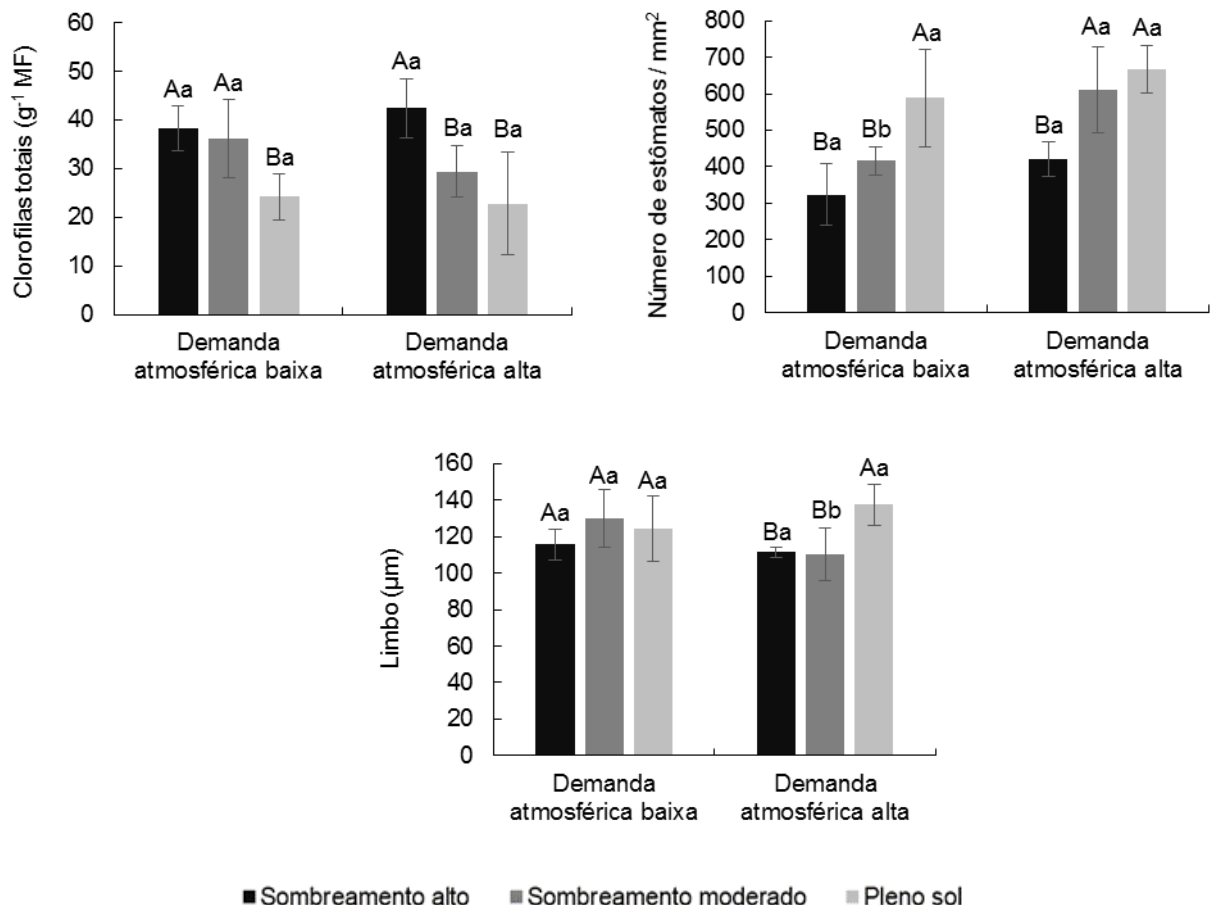


Fonte: o autor.

4.3 Clorofila total e anatomia foliar

Os teor de clorofila total foi influenciado apenas pelos níveis de sombreamento. Em demanda atmosférica baixa o maior valor de clorofila total foi encontrado tanto sob sombreamento moderado quanto sob sombreamento intenso. Já em demanda atmosférica alta, apenas o sombreamento intenso influenciou em um valor superior. A maior densidade estomática foi observada na condição a pleno sol em ambos os ambientes, e sombreamento moderado em ambiente de demanda atmosférica alta. A espessura do limbo foi influenciada pela demanda atmosférica em sombreamento moderado e pela condição a pleno sol em demanda atmosférica alta (Figura 8).

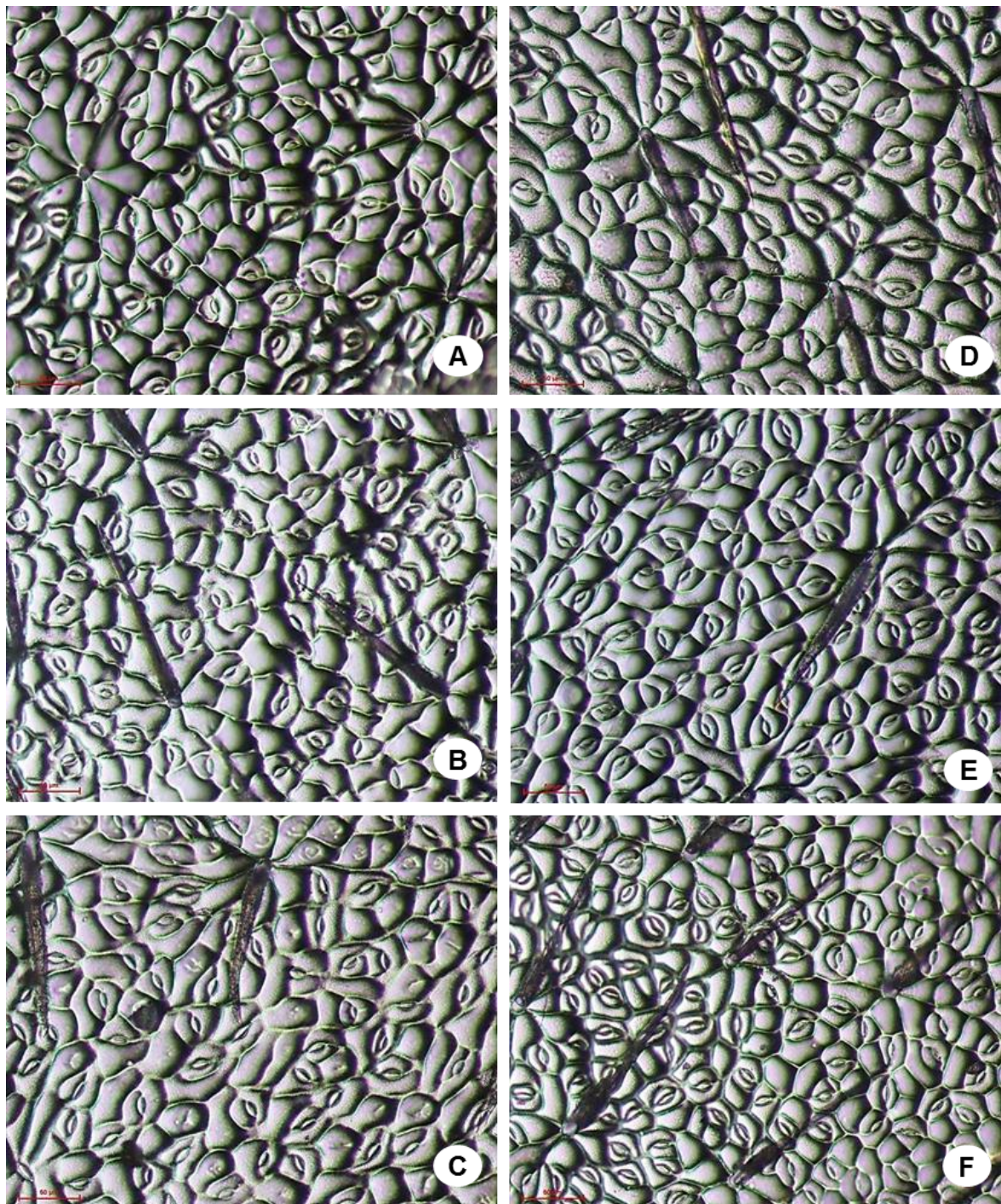
Figura 8 – Valores médios de clorofila total, número de estômatos e limbo de mudas de *Shizolobium amazonicum*, submetidas a diferentes condições de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) e de demanda atmosférica (alta e baixa). Médias seguidas por letras minúsculas distintas indicam diferenças significativas entre as demandas atmosféricas e letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre os níveis de irradiância solar pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Fonte: o autor.

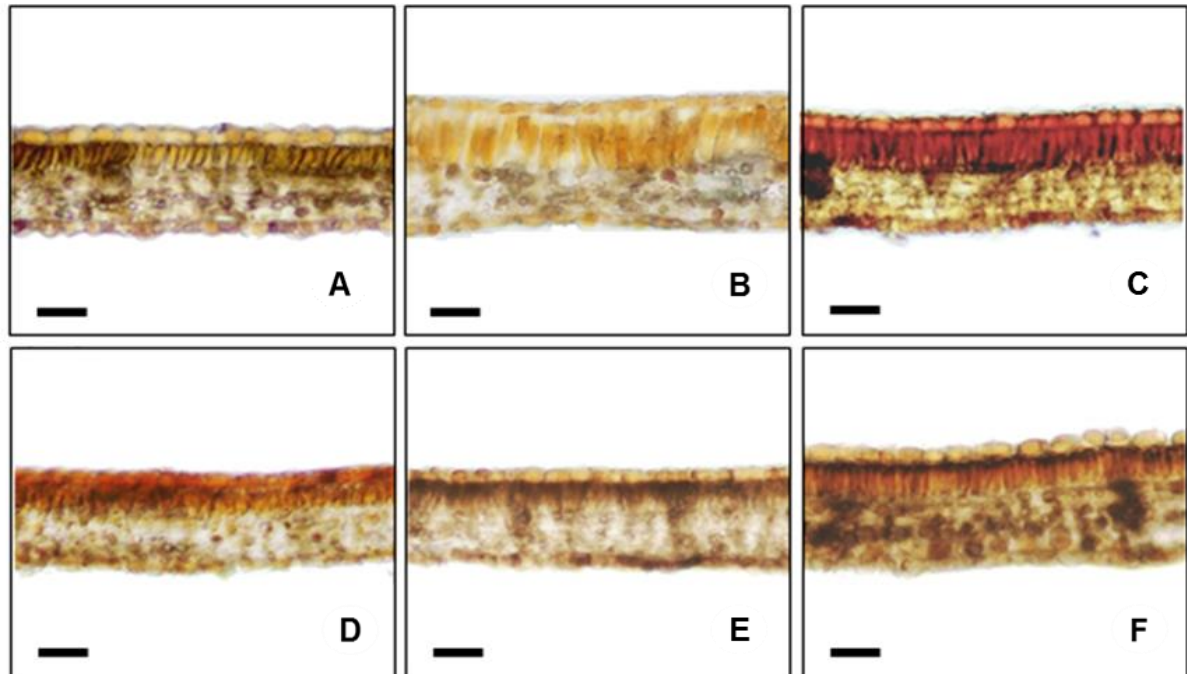
A epiderme abaxial, em vista frontal, apresentou estômatos com formato anomocítico e tricomas tectores multicelulares (Figura 9). Secções transversais do limbo caracterizaram os sistemas de tecidos foliares (Figura 10).

Figura 9 – Vista frontal da face abaxial da epiderme foliar de mudas de *Shizolobium amazonicum* submetidas a diferentes níveis de irradiância solar e demandas atmosféricas após 94 dias de tratamento. Ambiente de demanda baixa: A= sombreamento intenso; B= sombreamento moderado; C= pleno sol. Ambiente de demanda alta: D= sombreamento intenso; E= sombreamento moderado; F= pleno sol. Barra = 50 µm.



Fonte: o autor.

Figura 10 – Secções transversais do limbo de mudas de *Shizolobium amazonicum* submetidas a diferentes níveis de irradiância solar e demandas atmosféricas após 94 dias de tratamento. Ambiente de demanda baixa: A= sombreamento intenso; B= sombreamento moderado; C= pleno sol. Ambiente de demanda alta: D= sombreamento intenso; E= sombreamento moderado; F= pleno sol. Barra = 50 μ m.

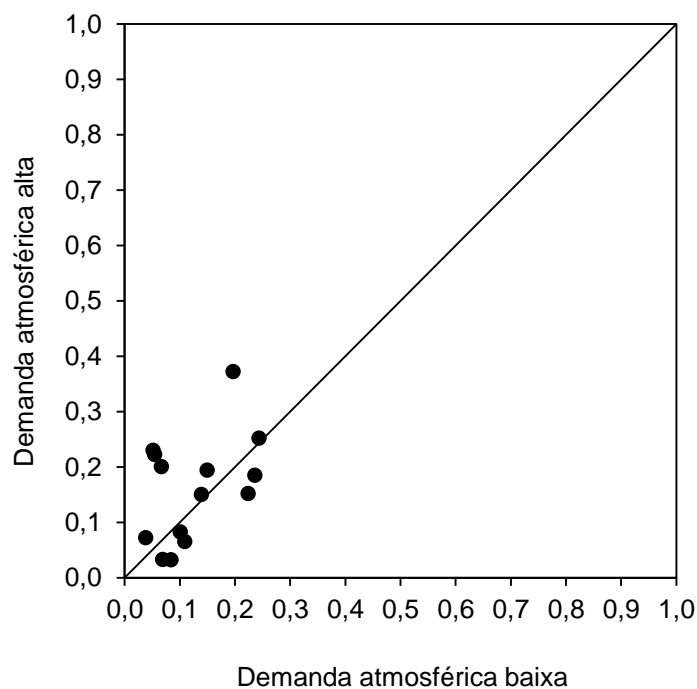


Fonte: o autor.

4.4 Plasticidade fenotípica

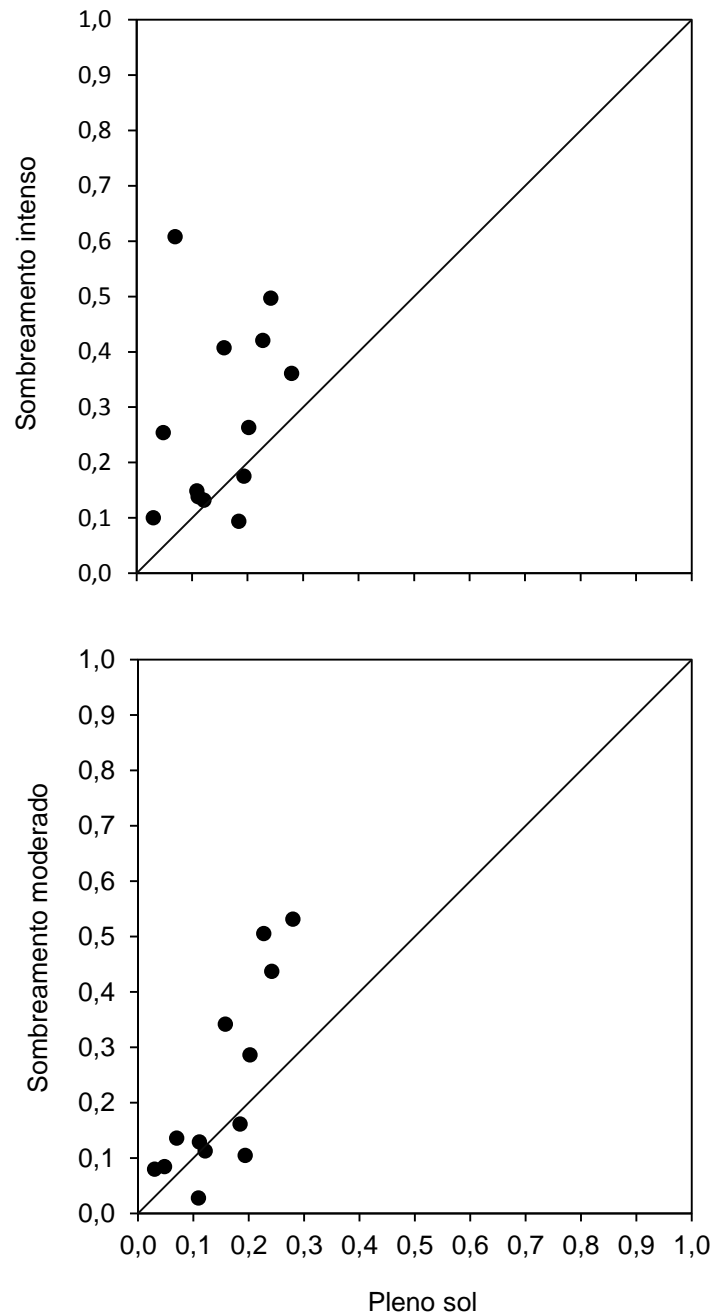
Comparando-se os níveis de sombreamento e pleno sol dentro de cada ambiente de demanda atmosférica, observou-se que os maiores índices de plasticidade fenotípica foram encontrados em ambiente de demanda atmosférica alta (Figura 11). Quando comparou-se cada nível de sombreamento e pleno sol entre os ambientes de demanda atmosférica, os maiores valores de índice de plasticidade fenotípica foram encontrados em condição de sombra, principalmente em sombreamento intenso (Figura 12).

Figura 11 – Gráfico de dispersão demonstrando o índice de plasticidade fenotípica de características morfológicas, fisiológicas e anatômicas de mudas de *Shizolobium amazonicum*, comparando-se os ambientes de demanda atmosférica (alta e baixa) sob influência do fator irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol).



Fonte: o autor.

Figura 12 – Gráfico de dispersão demonstrando o índice de plasticidade fenotípica de características morfológicas, fisiológicas e anatômicas de mudas de *Shizolobium amazonicum* comparando-se os níveis de irradiância solar (sombreamento intenso, sombreamento moderado e pleno sol) sob influência do fator demanda atmosférica (alta e baixa).



Fonte: o autor.

5 DISCUSSÃO

De acordo com Mengarda (2009), o crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados por diversos fatores ambientais, sendo a irradiância solar (IS) o parâmetro diretamente ligado à produção de biomassa, regulando o ganho de energia e o metabolismo de carboidratos por meio da fotossíntese. Na espécie em estudo, o maior acúmulo de massa seca total (MST) foi observado no ambiente de demanda atmosférica alta em condição moderada de sombreamento e a pleno sol, resposta também verificada para *P. edulis* (SILVA et al., 2006); *Araucaria angustifolia* (FRANCO; DILLENBURG, 2007); *T. cacao* (COSTA et al., 2001); *Cariniana legalis* (REGO; POSSAMAIA, 2006).

A maior razão de massa foliar (RMF), proporcionada pela interação do sombreamento intenso e demanda atmosférica baixa, demonstrou que a planta investiu maior biomassa para a produção de folhas, devido a uma compensação à menor quantidade de IS disponível. Já em ambiente de demanda atmosférica alta, o sombreamento não proporcionou diferença na alocação de energia e produção de biomassa. Respostas de RMF relacionadas apenas ao sombreamento, foram observadas para as espécies *Sclerolobium paniculatum* (FELFILI et al., 1999; FREITAS et al., 2012); *Cryptocaria aschersoniana* (ALMEIDA et al., 2004); *Gallesia integrifolia* (DEMUNER; HEBLING; DAGUSTINHO, 2004); *Euterpe edulis* (NAKAZONO et al., 2001).

A razão de massa caulinar foi favorecida pela interação da demanda atmosférica alta e sombreamento intenso. Este comportamento indicou que, além do sombreamento amenizar o efeito da alta temperatura, induziu o crescimento em altura na planta, investindo na produção de massa caulinar para buscar luz. Poorter e Nagel (2000), verificaram que plantas submetidas ao sombreamento tiveram acréscimo na razão de massa caulinar.

O aumento da razão de massa de raiz (RMR) nos tratamentos respondeu ao esperado. Segundo Claussen (1996), isso indica que a biomassa foi distribuída mais para raízes que para órgãos fotossintetizantes, permitindo maior absorção de água e nutrientes, estratégia esta que garantiu maior capacidade para suportar as maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorreu nestes ambientes.

Outra estratégia da planta é a maximização da absorção de IS com a expansão da área foliar (MARAÑÓN; GRUBB, 1993). Com a interação de demanda atmosférica

alta e sombreamento moderado, a espécie estudada obteve maior área foliar total (AFT) e unitária (AFU). Porém, a área foliar em relação à sua massa seca (AFE) e a área foliar em relação a massa seca total (RAF) tiveram aumentos em condições de sombreamento intenso, independente da demanda atmosférica. Segundo Benincasa (2003), a RAF decresce conforme aumento na disponibilidade de IS, pois, quanto maior a intensidade de IS, menor será a área foliar necessária para produzir massa seca.

O aumento de AFE nas plantas de *S. amazonicum*, proporcionado pela redução da intensidade de IS, também foi verificado em outras espécies: *P. edulis* (SILVA et al., 2006; SANTOS et al., 2008); *P. morifolia*, *P. palmeri* e *P. suberosa* (PIRES, 2008); *Virola surinamensis* (LIMA et al., 2006); *Cariniana legalis* (REGO; POSSAMAIA, 2006). Quando sob baixa IS, as espécies tendem a aumentar a absorção desta alocando mais biomassa para as folhas que para raízes e aumentando a área foliar, o que resulta em folhas mais finas e maiores e em maior RAF (POORTER, 1999).

Em relação à altura e o comprimento de entrenós, as maiores médias foram encontradas em condição de sombreamento e demanda atmosférica alta. Essa resposta também foi encontrada por Barros (2008), estudando respostas fenotípicas à IS em *Dalbergia nigra* e *Dalbergia miscolobium*, estas espécies apresentaram entrenós mais alongados em condição de sombreamento. Em geral, o maior crescimento do caule e do comprimento de entrenós em tratamento sombreado, demonstram que estas plantas teriam desenvolvido um tipo de escape da sombra (VALLADARES; NIINEMETS, 2007). Estas características seriam uma estratégia em ambientes mais competitivos para otimização da captação da IS (ALVARENGA et al. 2003; HOFFMANN e FRANCO, 2003).

Em condições de temperaturas próximas ao ambiente de demanda atmosférica alta do presente estudo, Rosa et al. (2009), estudou o crescimento e padrão de qualidade de mudas de *S. amazonicum* sob diferentes níveis de sombreamento na cidade de Belém, e ao final do período experimental constatou que o crescimento em altura respondeu linearmente ao aumento do sombreamento. Aguilera et al. (2004), estudou o crescimento de plantas jovens de *Siegesbeckia orientalis* e notou que as maiores alturas observadas em diferentes níveis de sombreamentos, se deveu ao aumento da dominância apical, em decorrência do decréscimo de fotoassimilados e dos maiores níveis de auxina.

O diâmetro do coleto, foi inferior apenas em demanda atmosférica baixa sob sombreamento intenso, e não respondeu ao crescimento em altura, pois nesse ambiente não ocorreu diferença significativa para altura entre os níveis de IS. Rosa et al. (2009), também observou o decréscimo do diâmetro do coleto de *S. amazonicum* em alto sombreamento. Essa mesma resposta foi observada nas espécies de *Schizolobium parayba*, *Albizzia lebbeck* e *Piptadenia rígida* (POGGIANI; BRUNI; BARBOSA, 1992); *Dinizia excelsa* (VARELA; SANTOS, 1992); *Aniba rosaeodora* (ROSA et al., 1997), *Dipterix odorata* (UCHIDA; CAMPOS, 2000) *Hymenaea courbaril* (CAMPOS; UCHIDA, 2002) e *Jacaranda puberula* (ALMEIDA et al., 2005).

No presente estudo, observou-se que o teor de clorofila total (Chl t) foi influenciado apenas pelos níveis de IS, sendo o sombreamento intenso e moderado condicionantes para maiores teores de pigmento. É amplamente relatado, que os pigmentos fotossintéticos, tendem a aumentar com o aumento do sombreamento para facilitar o aumento da coleta de IS em espécies tolerantes a sombra (GONÇALVES et al., 2001; LICHTENTHALER e BUSCHMANN, 2001; KITAJIMA e HOGAN, 2003; REGO e POSSAMAI, 2006; MARTINAZZO et al., 2007). Este acúmulo de clorofila nos níveis de maior sombreamento pode ser devido a compensação da espécie a menor quantidade de IS disponível. Em intensidades mais elevadas de IS, as moléculas de clorofilas são mais passíveis a processos fotooxidativos, sendo o equilíbrio estabelecido com níveis de IS mais baixos.

Em condições de elevada IS, a espessura da folha é incrementada pela formação de várias camadas de parênquima fotossintetizante, o que é acompanhada pela diminuição da área foliar e aumento da massa seca de folhas em relação à área foliar (VENEKLAAS e OUDEN, 2005; POOTER, 1999). Já as plantas sombreadas, investem relativamente maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, para maximizar a captação da luz disponível. Nesse sentido, a espécie estudada respondeu de maneira semelhante no ambiente de demanda atmosférica alta, alterando sua anatomia com a diminuição da espessura foliar representada pelos valores inferiores da espessura do limbo (LI). Porém, em demanda atmosférica baixa não houve diferença na espessura do LI nas mesmas condições de IS.

Os estômatos apresentam grande importância em estudos anatômicos, envolvendo diferentes ambientes e níveis de IS (MEDRI e LIERAS, 1980; ABRAMS et al., 1992), uma vez que a quantidade, distribuição, tamanho e forma dos estômatos são características específicas de cada espécie e podem se alterar em função das

adaptações às condições ambientais (LARCHER, 2000). O processo de abertura e fechamento dos estômatos está relacionado principalmente com a intensidade de IS e o estado de hidratação da folha, controlando a absorção de CO₂ (COSTA; MARENCO, 2007).

Observou-se na espécie estudada, que os estômatos possuem formato anomocítico distribuídos na face inferior (abaxial), sendo a folha hipoestomática. Essa classificação e distribuição estomática também foi relatada por Coneglian e Oliveira (2006), em estudo com a espécie *Shizolobium parnayba* e outras espécies da família Caesalpinioideae (*Caesalpinia leiostachya*, *Dimorphandra mollis*, *Peltophorum dubium*, *Pterogyne nitens*, *Cassia ferrugínea*, *Senna multijuga*). Em relação a densidade estomática em *S. amazonicum*, esta foi superior em condição a pleno sol em ambos os ambientes e também em sombreamento moderado no ambiente de demanda alta, corroborando com diversos trabalhos (ASHTON; BERLYN 1992; POOLE et al., 1996; ROÇAS et al., 1997; KLICH, 2000). O aumento do sombreamento provoca redução no número de estômatos, na espessura do mesofilo e incremento dos espaços intercelulares, sendo todas estas características relacionadas ao processo fotossintético (WOODWARD et al., 2002; MORAIS et al., 2004).

A análise do índice de plasticidade fenotípica de mudas de *S. amazonicum*, mostrou maiores ajustes das variáveis estudadas em demanda atmosférica alta e sombreamento intenso. Observou-se diante das respostas, que as mudas submetidas a diferentes níveis de IS, apresentaram maior plasticidade em condição de demanda atmosférica alta. Em sombreamento intenso foi observado maior plasticidade fenotípica das mudas, pois a espécie utilizou mecanismos de aclimação que beneficiaram a captação da IS nas diferentes demandas atmosféricas.

Notou-se que o sombreamento intenso da espécie em estudo, reduziu o efeito do déficit de pressão de vapor d'água (DPV) em ambiente de demanda atmosférica alta, favorecendo a condutância estomática e a assimilação de carbono, consequentemente aumentando a produtividade fotossintética em relação aos outros tratamentos. Já em ambiente de demanda atmosférica baixa, provavelmente o intenso sombreamento e a alta umidade acentuou o efeito negativo da baixa temperatura, diminuindo a transpiração das plantas devido à diminuição do gradiente de concentração de vapor entre a cavidade estomática e o ar adjacente à folha, mediada pela redução do déficit de saturação de vapor do ar. Esta resposta foi encontrada em muitas espécies de plantas estudadas (Jones, 1992).

Mesmo a espécie apresentando mecanismos de aclimatação em condições de sombreamento intenso, este tratamento não proporcionou valores superiores de biomassa total em comparação aos outros tratamentos. Segundo Gomes et al., 2010, a espécie *S. amazonicum* é intolerante a sombra, pois estudos do comportamento comprovam melhor desenvolvimento e sobrevivência da espécie em pleno sol. Esse resultado reflete aproximadamente as condições preponderantes do centro de origem da espécie que abrange as regiões de Floresta Tropical Pluvial Amazônica em terra firme e Floresta Tropical Subcaducifolia. As médias anuais de temperatura nestas regiões estão entre 25 a 29° graus e a precipitação pluvial média anual: de 1.600 mm a 3.000 mm no Brasil, atingindo até 5.850 mm na Bolívia (CRESPO et al., 1995). Assim, a preferência da espécie *S. amazonicum* por ambiente de demanda atmosférica alta e maior irradiância solar é um mecanismo importante de adaptação para um bom desenvolvimento em seu ambiente natural.

6 CONCLUSÕES

A maior produção de biomassa total da espécie *Shizolobium amazonicum* ocorre em ambiente de demanda atmosférica alta sob sombreamento moderado e a pleno sol, e também em ambiente de demanda atmosférica baixa sob condição a pleno sol.

A espécie apresentou plasticidade fenotípica em ambos os ambientes de demanda atmosférica, principalmente em demanda atmosférica alta.

A aclimação a diferentes níveis de irradiância solar se deu principalmente em sombreamento intenso.

O comportamento da espécie nas condições estudadas a torna recomendada para projetos de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e sistemas agroflorestais.

7 REFERÊNCIAS

- ABRANS, M.C.; KLOEPPEL, B.D.; KUBISKE, M. E. Ecophysiological and morphological response to shade and drought in two contrasting ecotypes of *Prunus serotina*, **Tree Physiology**, v. 10, p. 343-355, 1992.
- AMARAL, J.A.T. et al. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.
- ALMEIDA, L.P.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; ZANELA, S.M.; VIEIRA, C.V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.83-88, 2004.
- ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, 2005a.
- ALMEIDA, L. S.; MAIA, N.; ORTEGA, A.R.; ÂNGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, 2005.
- ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; JUNIOR, E.C.L.; MAGALHÃES, M.M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore** 27(1): 53-57, 2003.
- AMATA. Inteligência da floresta viva. **Mercado florestas plantadas**. São Paulo-SP, 2009. 55 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico** 2012. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf> Acesso: 30 de março de 2012.
- AGUILERA, D.B.; FERREIRA, F.A.; CECON, P.R. Crescimento de *Siegesbeckia orientalis* sob diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.22, n.1, p.43-51, 2004.
- ALVES, E. D. L; SPECIAN, V. Caracterização do Balanço Hídrico e Clima do Município de Iporá (GO). In: **1º Encontro de Divulgação da Produção Científica do Oeste de Goiás**. 2008. p. 1 – 22. Disponível em meio digital (CD Room).
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, 24(1):1-15, 1949.
- ASHTON, P.M.S., BERLYN, G.P., 1992. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. **New Phytologist**. v. 121, p. 587-596.

BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 03, p. 475-481, 2010.

BARROS, F.V. **Diferenciação entre espécies de cerrado e mata: respostas fenotípicas á luz em *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth. e *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae – Papilionoideae)**. (Dissertação do programa de Pós – Graduação em Ecologia, Conservação e manejo da Vida Silvestre), Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. 56p.

BAKER, N. R. & ROSENQVIST, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany** 55:1607-1621.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2. ed Jaboticabal: FUNEP, 41p, 2003.

BERRY, J.A.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.

BECKMANN, M. Z.; DUARTE, G.; BURCK, R.; PAULA, V. A. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.86-92, 2006.

BIZ, S.; BRITO, N. M.; REGO, G. M. S.; AMARAL, I. M. G.; BRUN, E. J. **Crescimento inicial em diâmetro de colo de espécies florestais nativas madeireiras plantadas em Dois Vizinhos-PR**. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2012. p.1-8.

BOARDMANN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, p.355-377, 1977.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. **Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.3, p.281-288, 2002.

CARON, B.O.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P.A.; BEHLING, A.; ELOY, E.; BUSANELLO, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 257-265, abr.-jun., 2014.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E.L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia. Forestalis.**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, jun. 2012.

CHAZDON, R.L., R.W. PEARCY, D.W. Lee and N. Fetcher. Photosynthetic response of tropical forest plants to contrasting light environments. **In Tropical Forest Plant**

Ecophysiology. Eds. S.S. Mulkey, R.L. Chazdon and A.P. Smith. Chapman and Hall, New York, p 5–55, 1996.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management** , v. 80, p. 245-255, 1996.

CONEGLIAN, M.I.; OLIVEIRA, D.T.; Anatomia comparada dos limbos cotiledonares e eofilares de dez espécies de Caesalpinioideae (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, n.2,p.193-207, 2006.

COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. F.; VALLE, R. R. Crescimento, teor de clorofila e estrutura anatômica em plântulas de *Theobroma cacao* submetidas a diferentes irradiância e doses de nitrogênio. **Agrotropica**, v. 10, n. 1, p. 21-30, 1998.

COSTA, L. C. B.; ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. Gas exchange, nitrate assimilation and dry- matter acumulation of *Theobroma cacao* seedlings submitted to different irradiances and nitrogen levels. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 76, n. 2, p. 224 – 230, 2001.

COSTA, G.F.; MARENCO, R.A. **Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*)**. Acta amazônica. vol. 37(2) 2007: 229 – 234.

CRESPO, T. R.; MINNICK, G.; VARGAS, J. Evaluación de algunas leguminosas en el trópico de Cochabamba, Bolivia. In: EVANS, D. O.; SZOTT, L. T., ed. **Nitrogen fixing trees for acid soils**: proceedings of a workshop. Morrilton: NFTA / Winroch International, 1995. p. 103-112.

CRUZ, E.D.; CARVALHO, J.E.U. de; QUEIROZ, R.J.B. Scarification with sulphuric acid of *Shizolobium amazonicum* Huber ex Duckers seeds – Fabaceae. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n.3, p. 308-313, 2007.

CHAZDON, R.L.; PEARCY, R.W.; LEE, D.W.; FETCHER, N. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. (Eds.) **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. New York: Chapman and Hall, p. 5-55,1996.

DAMATTA, F.M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, v. 86, p. 99-114, 2004.

DEBAT, V.; DAVID, P.; Mapping phenotypes: Canalization, plasticity and developmental stability. **Trends in Ecology & Evolution**, v.16, p. 555-561, 2001.

DEMUNER, V.G.; HEBLING, S.A.; DAGUSTINHO, D.M. Efeito do sombreamento no crescimento inicial de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. Bol. **Revista do Museu de Biologia Mello Leitão** (N.SÉR.) 17:45-55, 2004.

DUZ, S.R.; Siminski, A.; Santos, M.; Paulilo, M.T.S. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.3, p.587- 596, 2004.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FAVARETTO, V.F. **Estudo comparativo dos mecanismos de defesa contra radicais livres em espécies arbóreas pioneiras e não pioneiras de Mata Mesófila Semidecidual**. Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP, p.196. 2009.

FELFILI, J.M. et al. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.22, n.2, p.297-301, 1999. (Suplemento).

FILHO, A.B.G; CORDEIRO, I.M.C.C; FILHO, B.G.S; ALVARADO, J.R; Produção de Biomassa em Quatro Procedências de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no Estádio de Muda. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1047-1049, 2007.

FLEXAS, J. et al. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, n. 3, v. 127, p. 343-352, 2006.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004. 536p.

FREITAS, G. A. et al. **Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada**. vol. 3, n. 3: p. 5-12, 2012.

FRANCO, A. M. S.; DILLENBURG, L. R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. **Hoehnea**, v. 34, n. 2, p. 135-144, 2007.

FRIGERI, R. B. C. **Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar**. 2007. 152f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, 2007.

GAZEL FILHO, A. B.; CORDEIRO, I.M.C.; ALVARADO, J.R.A.; SANTOS, B.G. F. Produção de Biomassa em Quatro Procedências de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke)). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1047-1049, jul. 2007.

GIVNISH, T. J. Adaptation to Sun and shade: A whole – plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, n. 15, p. 63-92, 1988.

- GOMES, J.M et al. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**. vol. 40(1) 2010: 171 – 178.
- GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka bean under two light environments. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 13, n. 2, p. 149-157, 2001.
- GRIME, J.P.; MACKEY, J.M.L. The role of plasticity in resource capture by plants. **Evolutionary Ecology** 16, p 299-307.2002.
- GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'Catuaí' e 'Siriema' submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 06, p. 1730-1736, 2008.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: Radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.645–652, 2010.
- HALLGREN, J.E.; STRAND, M.; LUNDMARK, T. Temperature stress. In: RAGHAVENDRA, A.S. (ed). **Physiology of trees**. New York: John Wiley and Sons, 1991. p. 301-335.
- HIKOSACA, K., ISHIKAWA, A. B.; MULLER O. & ONODA Y. 2006. Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. **Journal of Experimental Botany** 57 (2): 291-302.
- HOFFMANN, W.A.; e FRANCO, A.C. 2003. Comparative growth analysis of tropical forest and savanna woody plants using phylogenetically independent contrasts. **Journal of Ecology** 91: 475 – 484.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – ibá. **Relatório anual 2014**. Disponível em: http://www.iba.org/images/shared/iba_2014_pt.pdf Acesso: 10 de dezembro de 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br>>. Acesso: 05/04/2015.
- IWAKIRI, S.; ZELLER, F.Z.; PINTO, J.F.; LOMELI RAMIREZ, M.G.; SOUZA, M.M.; SEIXAS, R.S. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* “Paricá” e *Cecropia hololeuca* “Embaúba” para produção de painéis aglomerados. **Acta Amazônica** v.40, n.2, p. 303 – 308, 2010.

JESUS, S. V.; MARENCO, R. A.; O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 815 – 818, 2008.

JONES HG. **Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992

KELLY, J.; JOSE, S.; NICHOLS, J. D.; BRISTOW, M. Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 1, p. 287-293, 2009.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 432p. 2008.

KITAJIMA, K.. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: S. S. Mulkey, R. L. Chazdon e A. P. Smith (Eds) **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Chapman e Hall, New York, p. 559-597. 1996.

KITAJIMA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, p. 957-965, 2003.

KLICH, M.G., 2000. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, p. 171-183.

KRAMER, T.; KOZLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

KRAUSE, G. H.; GRUBE, E.; KOROLEVA, O. Y.; BARTH, C.; WINTER, K. Do mature shade leaves of tropical tree seedlings acclimate to high sunlight and UV radiation? **Functional Plant Biology**, v. 31, p. 743-756, 2004.

KRAUS, J.E., ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédica: EDUR, 1997.

KRAUSE, G. H.; KOROLEVA, O. Y.; DALLING, J. W.; WINTER, K. Acclimation of tropical tree seedlings to excessive light in simulated tree-fall gaps. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, p. 1345-1352, 2001.

KUIPER, D.; KUIPER, P.J.C.; 1988. Phenotypic plasticity in a physiological perspective. **Oecologia** 9, p 43-59.

LARCHER, W. **Ecologia Vegetal**. São Carlos, RiMa Artes e Textos. V.2. p. 312. 2000.

LEÃO, N.V.M.; OHASHI, S.T.; FREITAS, A.D.D; NASCIMENTO, M.R.S.M.; SHIMIZU, E.S.C.; REIS, A.R.S.; GALVÃO FILHO, A.F.; SOUZA, D. de **Colheita de**

Sementes e Produção de mudas de Espécies Florestais Nativas. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. (Serie Documentos, 374).

LEE, D.W.; OBERBAUER, F.; JOHNSON, P.; BASKARAN, K.; MANSOR, M.; MOHAMAD, H.; YAP, S.K. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian Hopea (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, 87: 447-455.

LELES, P.S dos S.; REIS, G.G.dos.; REIS, M. das G.F.; MORAES, E.J. Relações Hídricas e crescimento de árvores de Eucalyptus camaldulensis e Eucalyptus pellita sob diferentes espaçamentos na região do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LEVITT, J. **Responses of Plants to Environmental Stresses.** v.1. New York: Acad. Press. 1980.

LIMA, J.D.; SILVA, B.M.S.; MORAES, W.S.; Efeito da luz no crescimento de plântulas de Virola surinamensis (Rol.) Warb. Revista científica eletrônica de engenharia florestal - **ISSN 1678-3867**. Publicação científica da faculdade de agronomia e engenharia florestal de Garça/FAEF ano IV, n. 8, 2006.

LIMA, S. F.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, A. S.; CORRÊA, F. L. O. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum*) submetido à aplicação de doses de boro. **Revista Cerne**, v. 9, n. 2, p. 192-204, 2003.

LICHTENTHALER H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: COLOWICK SP, KAPLAN NO (ed) *Methods in Enzimology*, v.148. **Academic Press**, San Diego. p.350-382.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. In: Wrolstad, R. E.; ACREE, T. E.; AN, H.; DECKER, E. A.; PENNER, M. H.; REID, D. S.; SCHWARTZ, S. J.; SHOEMAKER, C. F.; SPORNS, P. (Eds.). **Current protocols in food analytical chemistry (CPFA)**. New York: John Wiley & Sons, F4.3.1-F4.3.8, 2001.

MANESCHY, R.Q.; SANTANA, A.C. de.; VEIGA, J.B. de. Viabilidade econômica de sistemas silvipastoris com *Shizolobium parahyba* var. *amazonicum* e *Tectona grandis* no Pará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 49-56, dez. 2009.

MARAÑÓN, T.; GRUBB, J. 1993. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. **Functional Ecology** 7: 591-599.

MARQUES, T. C. L. L.S.; CARVALHO, J.G.C.; LACERDA, M.P.C.; MOTA, P.E.F.; **Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva.** *Cerne*, Lavras, v. 10, n.2, p. 184-195, 2004.

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, H. Efeito do sombreamento sobre o crescimento inicial e teor de clorofila foliar de *Eugenia uniflora* Linn (pitanga) – família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 162-164, 2007.

MARTORANO, L.G.; MONTEIRO, D.C.A.; BRIENZA JUNIOR, S.; LISBOA, L.S.; ESPÍRITO SANTO, J.M.; ALMEIDA, R.F. Top-bioclimate conditions associated to natural occurrence of two Amazonian native tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil. In: VILLACAMPA, Y; BREBBIA, C. A. Ecosystems and sustainable development, **Ashurst Lodge: Wittpress**, 2011. p. 111-122.

MAULE, H. G.; ANDREWS, M.; MORTON, J. D.; JONES, A. V.; DALY, G. T. Sun/shade acclimation and nitrogen nutrition of *Tradescantia fluminensis*, a problem weed in New Zealand native forest remnants. **New Zealand Journal of Ecology**, v. 19, n. 1, p. 35-46, 1995.

MEDRI, M.E.; LIERAS, E. Aspectos da anatomia de folhas de *Havea brasiliensis* Muell Arg. **Acta Amazônica**, v.10, n.3, p.463-493, 1980.

MENGARDA, L. H. G.; SOUZA, R. L. F.; CAMPOSTRINI, E.; REIS, F. O.; VENDRAME, W. A.; CUZZUOL, G. R. F. Light as an indicator of ecological succession in brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam.). **Brazilian society of plant physiology**. 21(1): 55-64, 2009.

MONTEIRO, D.C.A. **Condições topoclimáticas preferenciais para plantios de paricá (*Shizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex. Ducke) Barneby) e evidências de desempenho para otimizar a silvicultura em áreas desflorestadas na Amazônia**. Dissertação, Ecologia Aplicada. Piracicaba, 2013.

MORAIS, H.; MEDRI, M.E.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 863-871, 2004.

MOURA, R.G. **Estudos das radiações solar e terrestre acima e dentro de uma floresta tropical úmida**. Dissertação (Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia) IMPE, São José dos Campos, 2001. 147p.

NAKAZONO, E.M.; COSTA, M.C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M.T.S. 2001. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, 24(2) 173-179.

OGUCHI, R. et al. Leaf anatomy as a constraint for photosynthetic acclimation: differential responses in leaf anatomy to increasing growth irradiance among three deciduous trees. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.28, n.7, p.916-927, 2005.

OLIVEIRA, J. R.; DUARTE, N. F.; FASSIO, P. O. **Análise dos teores de clorofila e carotenóides como indicadores de fitotoxicidade de herbicidas em *Toona ciliata* var. *australis***. I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET Bambuí Bambuí/MG – 2008.

OHASHI, S.T. **Variabilidade genética e fenotípica entre procedências de paricá *Shizolobium parahyb* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby visando seleção de materiais genéticos para sistemas agroflorestais.** Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) UFRA, Belém, 2005. 107p.

OHASHI, S.T.; YARED, J.A.G.; FARIAS NETO, J.T. de F. Variabilidade entre procedências de paricá *Shizolobium parahyba* var. *amazonicum*(Huber ex Ducke) Barneby plantadas no município de Colares – Pará. **Revista Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p.81-88, 2010.

PANDEY, S.; KUSHWAHA, R. Leaf anatomy and photosynthetic acclimation in *Valeriana jatamansi* L. grown under high and low irradiance. **Photosynthetica**, Praga, v.43, n.1, p.85-90, 2005.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia fundamentos e aplicações.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, J. R. D.; CARVALHO, J. de A.; MIGUEL, D. S.; SANTANA, M. J. de. Consumo de água pela cultura do crisântemo cultivada em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n.3, pp. 651-659. 2005.

PIRES, M. V. **Respostas morfo-fisiológicas de espécies ornamentais de *Passiflora* ao sombreamento.** 2008. 99f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Ilhéus, BA, 2008.

POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E. S. Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento de mudas de três espécies florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2.1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992.v.4, p.564-569.

POPMA, J.; BONGERS, F. Acclimation of seedlings of three Mexican tropical rainforest tree species to a change in light availability. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, p. 85-97, 1991.

POOLE, I., WEYERS, J.D.B., LAWSON, T., RAVEN, J.A., 1996. Variation in stomatal density and index: implications for paleoclimatic reconstructions. **Plant, Cell and Environment**. v. 19, p. 705-712.

POORTER, L. Growth responses of 15 rainforest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**.13, 396–410, 1999.

POOTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to diferente levels of light, CO₂, nutrientes and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.27, p. 595-607, 2000.

PORTELA, R. C. Q.; SILVA, I. L.; PINÃ – RODRIGUES. Crescimento inicial de mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em

diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 163-170, 2001.

PUGLIELLI, G.; CRESCENTE, M.F.; FRATTAROLI, A.R.; GRATANI, L. Morphological, Anatomical and Physiological Leaf Trait Plasticity of *Sesleria nitida* (Poaceae) in Open vs Shaded Conditions. 2014. **Polish Journal of Ecology**, 63(1):10-22.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá-rosa. **Revista Florestal Brasileira**, Colombo, n. 53, p. 179-194, 2006.

REID, D.M.; BEALL, F.D.; PHARIS, R.P. Environmental Cues in Plant Growth and Development. In: STEWARD, F.C. (Ed.). **Plant Physiology**. San Diego: Academic Press Inc. volume X: Growth and Development. p. 65-181. 1991.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. Rio de Janeiro: E. Blucher, 1971.p.127-130.

ROÇAS, G., BARROS, C.F., SCARANO, F.R., 1997. Leaf anatomy plasticity of *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) under distinct light regimes in a Brazilian montane Atlantic rain forest. **Trees**. v. 11, p. 469-473.

RONDON, E.V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de (*Shizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 573-576, 2002.

ROSA, L. dos S. Características botânicas, anatômicas e tecnológicas do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huberr ex Ducke). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 46, p.63-79, 2006.

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

ROSA, L. dos S.; SÁ, T. D. A.; OHASHI, S. T.; BARROS, P. L. C.; SILVA, A. J. V. Crescimento e sobrevivência de mudas de pau rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências, em função de diferentes níveis de sombreamento, em condições de viveiro. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, n.28, p.37- 62,1997.

SANTOS, E. A. **Melhoramento de passiflora para ornamentação utilizando *Passiflora palmeri* var. *sublanceolata*, *Passiflora foetida* var. *foetida* e híbridos F1 ornamentais: confirmação via RAPD, parâmetros genéticos e efeitos do sombreamento**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal Ilhéus, BA.

SANTIAGO, E. J. A. et al. Aspectos da anatomia foliar da pimenta-longa (*Piper hispidinervium* C. DC.) sob diferentes condições de luminosidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 05, p. 1035-1042, 2001.

SARAIVA, G.F.R.; SOUZA, G.M.S.; RODRIGUES, J.D.R. Aclimação e fisiologia de mudas de Guanandi cultivadas em telas de sombreamento foto-protetoras. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n.2, Jul-Dez. 2014, p.01-10. DOI: 10.5747/ca. 2014. v 10.n 2.a 102.

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

SCHLICHTING, C. D. 1986. The Evolution of Phenotypic Plasticity in Plants. **Annual Review Ecology System** 17: 667-6693.

SILVA, M. L. S.; VIANA, A. E. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; AMARAL, C. L. F.; MATSUMOTO, S. N.; PELACANI, C. R. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) sob diferentes níveis de sombreamento. **Maringá**, v. 28, n. 4, p. 513- 521, oct./dec., 2006.

SILVA, J.J.N.S.; CARDOSO, G.V.; SILVA JÚNIOR, F.G.; STANGERLIN, D.M. Caracterização tecnológica da madeira de *Schizolobium amazonicum* para a produção de celulose kraft. **Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas, v. 04, n. 01, p. 33-45, Maio de 2013.

SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycomus regnelli Benth.*). **Revista Árvore**, v. 17, n. 3, p. 265-270, 1993.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; FILHO, H. S. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condições de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.

SOUSA, D.B.; CARVALHO, G.S.; RAMOS, E.J.A. Paricá *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. 2005. N° 13, 2005. Disponível em: <<http://leonet.com/sementesrsa/sementes/pdf/doc13.pdf>>. Acesso: 09/01/2015.

SOUZA, C.R de; ROSSI, L.M.B; AZEVEDO, C.P de; VIEIRA, A.H. **Paricá: Schizolobium parahyba var. amazonicum** (Huber ex Ducke) Barneby. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2003. 12p. (Circular Técnica, 18).

SOUZA, G. S. et al. Estrutura foliar e de cloroplastídeos em *Mikania laevigata* Shultz Bip. ex Baker em diferentes condições de qualidade de luz. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 05. p. 78-80, 2007.

SOUZA, G.M.; BALMANT, B.D.; VÍTOLO, H.F.; GOMES, K.B.P.; FLORENTINO, T.M.; TIAGO ARANDA CATUCHI, T.A.; VIEIRA, W.L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botânica Brasileira**. 23(2): 474-485. 2009.

SOUZA, T. C. *et al.* Leaf plasticity in successive selection cycles of 'Saracura' maize in response to soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 01, p. 16-24, 2010.

SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F. M. Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 35-47, 2003.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2013. **Fisiologia Vegetal**. 5^oed. Porto Alegre: Artmed. 918 p.

THOMPSON, W.A.; HUANG, L.K.; KRIEDEMANN, P.E. Photosynthetic response to light and nutrients in sun-tolerant and shade-tolerant rainforest trees. II. Leaf gas exchange and component processes of photosynthesis. **Australian Journal of Plant Physiology** 19:19-42. 1992.

YANO, S.; TERASHIMA, I. Developmental process of sun and shade leaves in *Chenopodium album* L. **Plant, Cell and Environment**, v. 27, p. 781-793, 2004.

UCHIDA, T.; CAMPOS, M. A. A. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de cunaru (*Dipterix odorata* (Aubl.) Willd.- Fabaceae, cultivada em viveiro. **Acta Amazônica**, v.30, n.1, p.107-114, 2000.

VALLADARES, F.; WRIGHT, S. J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, R. W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v. 81, p. 1925-1936, 2000.

VALLADARES, F.; ARRIETA, S.; ARANDA, I.; LORENZO, D.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; TENA, D.; SUÁREZ, F.; PARDOS, J. A. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v. 25, p. 1041-1052, 2005.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D.; ZAVALA, M.A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. **Journal of Ecology**, v.94, p.1103-1116, 2006.

VALLADARES, F.; NIINEMETS, U. The Architecture of plant crowns: from design rules to light capture and performance. In **Functional Plant Ecology**. 2^a ed. CRC Press. 2007. cap 4, p. 101-150.

Valladares, F.; Pearcy, R.W. 1998. The functional ecology of shoot architecture in sun and shade plants of *Heteromeles arbutifolia* M.Roem., a Californian chaparral shrub. **Oecologia** 114:1-10.

VENTURIERI, G.C. **Reproductive ecology of *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) and *Sclerolobium paniculatum* Vogel (Leg. Caesalpinioidea) and its importance in forestry management projects.** In: SIMPOSIO SILVICULTURA NA AMAZONIA ORIENTAL: contribuições do projeto EMBRAPA/DIFID, 1999, Belem. Resumos expandidos... EMBRAPACPATU/ DFID, 1999. p.91 – 97. (Documentos,123).

VENEKLAAS, E. J.; OUDEN, F. Dynamics of non-structural carbohydrates in two *Ficus* species after transfer to deep shade. **Environmental and Experimental Botany**, v. 54, p. 148-154, 2005.

VARELA, V.P.; SANTOS, J. dos. Influência do sombreamento na produção de mudas de angelim pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Acta Amazônica**, v. 22, n.3, p. 407-411, 1992.

VIDAURRE, G.B. **Caracterização anatômica, química e físico-mecânica da madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum*) para a produção de energia e polpa celulósica.** 2010. 89 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, MG. 2010.

VIEIRA, T.O.; LAGE-PINTO, F.; RIBEIRO, D.R.; ALENCAR, T.S.; VITÓRIA, A.P. **Estresse luminoso em plântulas de jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*, *Lecythidaceae*): monitoramento da capacidade de aclimação fotossintética sob dias intensidades luminosas.** *Vértices*, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n.3, p.129-142, 2012.

WEST-EBERHARD, M. J. Developmental plasticity and evolution. **Oxford Univ. Press**, Oxford, U.K. 2003.

WOODWARD, F.I.; LAKE, J.A.; QUICK, W.P. Stomatal development and CO₂: ecological consequences. **New Phytologist**, v. 153, p. 477-484, 2002.

ZHANG, S.; MA, K.; CHEN, L. Response of photosynthetic plasticity of *Paeonia suffruticosa* to changed light environments. **Environmental and Experimental Botany**, v. 49, p. 121-133, 2003.