

## EFEITO DA INTENSIDADE DE LUZ NO CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS DE *Cecropia glazioui* SNETHLAGE (CECROPIACEAE)

EFFECT OF LIGHT INTENSITY ON EARLY GROWTH OF *Cecropia glazioui* SNETHLAGE (CECROPIACEAE)

Pablo Pacheco<sup>1</sup> & Maria Terezinha Silveira Paulilo<sup>2</sup>

### RESUMO

Estudo prévio com plantas jovens de *Cecropia glazioui* crescidas sob tela de polietileno mostrou a resposta destas plantas à variação de luz entre 2% a 50% de luz solar. O presente trabalho pretendeu responder às seguintes questões em relação à resposta de plantas jovens desta espécie à variação de luz entre 50% a 100% de luz solar e sob sombreamento dado por cobertura florestal vegetal em relação aos seguintes aspectos: 1) As plantas apresentam ajuste quando a quantidade de luz varia acima de 50% de luz solar total? 2) Intensidades de luz acima de 50% da luz solar plena, inibem ainda mais o crescimento de plantas? 3) Que alterações no crescimento são verificadas por plantas à variação na quantidade de luz dada? 4) As plantas respondem da mesma maneira ao sombreamento dado por tela de polietileno e ao sombreamento dado por cobertura florestal? Para a verificação destes aspectos as plantas foram colocadas em sacos plásticos de 18 x 13cm, contendo solo de mata e compostagem termofílica, na proporção de 1:1. As plantas foram colocadas a 100%, 70% de luz solar e 50% de luz solar e em borda de mata, clareira pequena e mata fechada. Os resultados obtidos mostraram que a espécie estudada responde da mesma maneira em sombreamentos dado por tela de polietileno e sombreamento florestal. A espécie não apresentou ajuste morfológico ou fisiológico, quando a intensidade luz variou acima de 50% de luz solar.

Também a intensidade de luz acima de 50% da luz solar não inibiu o crescimento da espécie. As principais alterações significativas, verificadas no crescimento, de acordo com o aumento na quantidade de luz foram: diminuição da razão raiz/ parte aérea (R/PA), da área foliar específica (AFE), da razão de área foliar (RAF) e da altura do caule e do aumento da capacidade fotossintética.

Doi: 10.5007/2178-4574.2009v38p28

<sup>1</sup> Mestre em Biologia Vegetal

<sup>2</sup> Departamento de Botânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal 476. Florianópolis, SC. CEP 88040-900. paulilo@ccb.ufsc.br



Este artigo é de Acesso Livre, disponibilizado sob os termos da

Creative Commons Attribution 3.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>) que permite uso não-comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que este trabalho original seja devidamente citado.

**Palavras-chave:** Mata Atlântica; crescimento; arbórea; intensidade de luz.

## ABSTRACT

Previous study working with plants growing under polyethylene screen showed the response of *Cecropia glaziovii* seedlings to light variations from 2% to 50% of full sun. The present study addressed the following questions related to the response of *C. glaziovii* seedlings growing under polyethylene screen receiving 50% to 100% of full sun and under forest shadow. The aim of this work was to verify the following questions: 1) Do the seedlings present morphological and physiological adjustment with light intensities above 50% of the total solar light? 2) Do the light intensities above 50% of the full solar light inhibit the growth of the seedlings? 3) What are the alterations in the growth verified in seedlings to the variation in the amount of light? 4) Do the seedlings respond in the same way to the shadow done by polyethylene screen and forest? To verify these questions the seedlings were put in plastic bags of 18 x 13cm, containing forest soil and organic compound from recycling waste (1:1). The plants were put under 100%, 70% and 50% of solar light, done by polyethylene covering, and in forest border, small gap and closed forest. The results showed that the species studied had the same kind of responses both under artificial and natural shadow. The species didn't present morphological or physiological adjustments when the intensity of light varied above 50% of solar light. Also the light intensity above 50% of the solar light didn't inhibit the growth of the species. The main significant alterations, verified in the growth, in agreement with the increase in the amount of light were: decrease of root/shoot (R/S), of specific leaf area (SLA) and of leaf area ratio (LAR) and of the height of the stem and increase of the photosynthetic capacity.

**Key words:** Atlantic forest; growth; tree species; light intensity.

## INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais importantes de se conhecer sobre a ecofisiologia das espécies florestais é sua capacidade em responder à variação de luz. A luz é um dos fatores físicos mais importantes no controle do desenvolvimento de plântulas de espécies arbóreas em florestas tropicais úmidas (Lee *et al.* 1997). As condições de luz para as plantas, ao nível do chão da floresta, são extremamente heterogêneas: a radiação incidente nas folhas próximas ao chão da floresta, devido à atenuação da radiação através dos vários estratos da cobertura vegetal, pode ser cerca de 1 a 2% da radiação incidente nas folhas do dossel, enquanto que em clareiras provocadas pela queda ou retirada de árvores a quantidade de luz pode ser similar à incidente sobre o dossel (Lee *et al.* 1996). Mesmo dentro de uma clareira, a quantidade de luz varia da borda para o centro desta (Kitajima 1996).

Esta variação na disponibilidade de luz dentro da floresta tem um papel fundamental na dinâmica sucessional e na estrutura da floresta, uma vez que as

espécies diferem na sua tolerância e resposta à quantidade de luz incidente (Walters & Reich 1996).

Quando as plântulas experimentam uma mudança nas condições de luz, a maioria delas, intolerantes ou tolerantes à sombra, é capaz em maior ou menor grau, de ajustarem-se à mudança ocorrida (Kitajima 1996). O ajuste feito pelas plantas à mudança na quantidade de luz leva a alterações na morfologia e fisiologia para maximizar o ganho total de carbono na planta e isto pode se dar através de dois caminhos: a) mudança nas propriedades de assimilação de carbono pelas folhas, que envolve ajustamentos fisiológicos e morfológicos, e b) mudança no padrão de alocação de biomassa em favor da parte vegetativa mais severamente afetada pela mudança (Chow & Anderson 1987; Osunkoya & Ash 1991; Popma & Bongers 1991).

A capacidade de ajuste das espécies a mudanças de luz depende de seu estágio sucessional (Bazzaz & Pickett 1980) com as espécies de estágio sucessional mais inicial frequentemente tendo maior flexibilidade fisiológica que espécies de estágios sucessionais mais tardios (Bazzaz 1979), embora o oposto possa ocorrer (Turnbull 1991). A capacidade de ajuste a mudança de luz depende também da faixa de intensidade de luz que as plantas estão recebendo. Há espécies que respondem à variação de luz se esta varia da obscuridade até 20% da luz solar (Poorter 1999), enquanto outras espécies continuam respondendo à variação de luz mesmo quando esta varia entre 20% e 100% de luz solar total (Van der Meer *et al.* 1998). *Eutrope edulis* (Paulilo 2000), *Mycelis muralis* (Osborne *et al.* 1994) e *Platycomus regnelli* (Scalon & Alvarenga 1993) não apresentam ajuste quando a quantidade de luz varia acima de 20% da luz solar, enquanto *Cecropia obtusifolia* apresenta ajuste até 100% de luz solar (Van der Meer *et al.* 1998).

Além da diminuição da quantidade de luz, outra característica comum no interior de uma floresta tropical é a baixa proporção de radiação de comprimento de onda correspondente ao vermelho em relação à radiação correspondente ao comprimento de onda do vermelho-extremo (Endler 1993). A redução da quantidade relativa de vermelho em relação ao vermelho-extremo promove grandes modificações no crescimento e no desenvolvimento de plantas, afetando o crescimento da parte aérea, a expansão foliar e a produção de biomassa (Smith *et al.* 1993). Assim, as respostas das espécies à variação na quantidade de luz dada por sombreamentos artificiais, cuja razão entre de vermelho e vermelho extremo é próximo de um, podem não coincidir com aquela verificada em plantas sombreadas pelo dossel da floresta.

A espécie utilizada neste estudo foi *Cecropia glazioui*, conhecida popularmente como embaúba, umbauá, pau de formiga ou sangra d'água, é uma espécie arbórea, encontrada desde a Bahia até o Rio Grande do Sul, ocorrendo na Floresta Ombrófila Densa. Esta espécie apresenta rápido crescimento, atingindo de 8 a 16 metros de altura, é dotada de copa pequena, mais ou menos corimbosa, com tronco ereto, cilíndrico e fistuloso, que abriga formigas agressivas no seu interior (Lorenzi 1998). *C. glazioui* é uma planta pioneira (Tabarelli *et al.* 1993), perenifólia, heliófita, seletiva higrófito, ocorrendo preferencialmente em capoeiras e capoeirões de

derrubadas recentes. Sem valor comercial significativo, esta espécie é de grande importância ecológica para reflorestamentos mistos com essências nativas destinados à recuperação da vegetação de áreas degradadas (Lorenzi 1998). Em trabalho anterior, Duz *et al.* (2004) verificaram a resposta de *C. glazioui* ao aumento de luz até 50% da luz solar. Diante disto, o presente trabalho procurou verificar em plântulas de *C. glazioui* os seguintes aspectos: 1) As plantas apresentam ajuste quando a quantidade de luz varia acima de 50% de luz solar total? 2) Intensidades de luz acima de 50% da luz solar plena, inibem ainda mais o crescimento de plantas? 3) Que alterações no crescimento são verificadas por plantas à variação na quantidade de luz dada? 4) As plantas respondem da mesma maneira ao sombreamento dado por tela de polietileno e ao sombreamento dado por cobertura florestal.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Material vegetal** - Foram utilizadas plântulas de *Cecropia glazioui* Sneth. (*Cecropiaceae*), providas da germinação, em laboratório, de sementes recém coletadas de várias árvores, no Bairro do Saco Grande, município de Florianópolis (27° 35' 48" S, 48° 32' 57" O), SC.

**Condições de crescimento de plântulas** – Plântulas obtidas da germinação de sementes foram padronizadas por tamanho e transplantadas em sacos plásticos de 18 x 13cm, contendo terra de mata e compostagem termofílica, na proporção de 1:1. Os sacos plásticos, contendo uma planta cada, foram divididos em 6 lotes de 50 plantas. Cada lote foi colocado em uma das seguintes condições de luz: 100% de luz solar, 70% de luz solar, 50% de luz solar, borda de mata, clareira pequena e mata fechada. A condição de 100% da luz solar foi dada colocando-se as plantas a céu aberto. As condições de 50% e 70% de luz foram dados colocando-se as plantas sob caixas de 1 m<sup>3</sup> confeccionadas com tela sombrite de 50% e 30% de redução de luz, respectivamente. As caixas de sombrite foram colocadas a céu aberto, evitando o auto-sombreamento. A condição de borda de mata foi dada colocando-se as plantas no limite entre trecho de mata e gramado. A condição de clareira pequena foi dada colocando-se as plantas em uma região da mata onde havia uma pequena abertura no dossel, permitindo a passagem de certa quantidade de luz. A condição de mata fechada foi dada colocando-se as plantas numa região de mata densa, onde o dossel era extremamente fechado, dificultando a passagem de luz, sendo a incidência solar muito pequena. A mata utilizada foi a localizada no Departamento de Botânica, próxima ao laboratório de Fisiologia Vegetal.

A quantidade de luz a pleno sol, sob as caixas sombrite e nos sombreamentos dados pela mata, foi determinada através de quantômetro LICOR 250, medindo-se a densidade de fluxo de fótons a pleno sol, sob as caixas sombrite, na borda de mata e sob o dossel. A razão entre vermelho e vermelho foi medida nos diversos ambientes com quantômetro SKYE, sendo a razão vermelho/vermelho-extremo de 0,38 na clareira, 0,06 sob dossel fechado e de 1,0 a pleno sol e sob telas de polietileno. Nas condições de borda de mata, clareira pequena e mata fechada, como a quantidade de

luz, devido à movimentação do sol e a posição da copa, varia ao longo do dia e em diferentes pontos de cada tratamento sob o dossel, mediu-se a quantidade de luz em 9 pontos em cada tratamento à altura das plantas, em horários determinados ao longo do dia. Foi feita a média dos valores encontrados em cada ponto para se estimar a quantidade de luz em cada tratamento, a cada horário medido (tabela 1). Estas medidas foram feitas em dia não nublado, típico de verão. A porcentagem de luz em relação à luz total foi calculada a partir da densidade de fluxo de fótons medida a pleno sol e em cada tratamento. As porcentagens de luz, nos tratamentos localizados na mata, são mostrados na tabela 2.

**Tabela 1** – Densidade de fluxo de fótons durante as horas do dia a céu aberto, beira de mata, mata fechada e clareira pequena.

Horas do dia	Clareira pequena	Mata fechada	Beira de mata	Luz a céu aberto
Densidade de fluxo de fótons ( $\mu\text{mol fótons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )				
9:00	100	20	30	900
11:30	300	20	30	1450
14:30	80	50	50	1350
16:00	80	50	350	1250

As plantas permaneceram em cada tratamento por 60 dias, entre os meses de fevereiro e março, sendo realizadas duas coletas, a primeira imediatamente antes das plantas serem colocadas nos diferentes níveis de luz (plantas consideradas com idade zero), a segunda, aos 60 dias de crescimento em cada nível de luz.

Como as plantas sob mata fechada (0,86% de luz solar), apesar de estarem sob forte sombreamento, não mostraram alongamento do caule, estas plantas foram transferidas para sombreamentos um pouco menores de 1% e 1,75% da luz solar plena, para verificar se a resposta de alongamento do caule seria deflagrada, as 10 plantas restantes sob mata fechada foram transferidas para 2 caixas de sombrite que permitiam a passagem de 1% e 1,75% da luz solar total (5 plantas para cada condição). Estas plantas ficaram nestas condições por 40 dias, quando então foram coletadas, tomando-se medidas de massa seca total, área foliar, altura do caule e número de folhas. Nestas plantas foi feita uma coleta ao serem transferidas e outra após 40 dias da transferência.

**Medições** - Para a obtenção da massa seca, as plantas já separadas em órgãos, foram colocadas em estufa a 80°C por 48 horas, sendo, após este período, raiz, caule, pecíolo e folhas, pesados separadamente. A área foliar foi obtida escaneando-se as folhas das plantas e calculando-se a área da imagem obtida com o auxílio do programa computacional IDRISI para medidas de área (Eastman 1997). Determinou-se

**Tabela 2** – Porcentagem de luz em relação à luz solar total em clareira pequena (CP), mata fechada (MF) e borda de mata (BM) em relação às horas do dia.

Horas do dia	CP	MF	BM
09:00	13,33%	0,32%	3,00%
11:30	18,41%	0,27%	2,49%
14:30	2,92%	2,07%	6,54%
16:00	6,95%	1,30%	27,01%
17:00	3,05%	0,4%	13,95%
Média diária	8,93%	0,87%	10,6%
média matinal	15,87%	0,29%	2,74%
média vespertina	4,30%	1,25%	15,83%

Medidas feitas durante o mês de Março.

o comprimento do caule, com uma régua milimetrada, medindo-se a distância entre a transição raiz/caule e a base da gema apical. A razão raiz/parte aérea foi dada dividindo-se a massa seca da raiz pela massa seca da parte aérea.

**Análise de crescimento** - A taxa média de crescimento relativo (TCR), foi calculada pela equação  $TCR = (\ln M_2 - \ln M_1) / (T_2 - T_1)$ ; a razão média de área foliar (RAF), pela equação  $RAF = [(A_1/M_1) + (A_2/M_2)] / 2$ , a razão de massa foliar (RMF), pela equação  $M_{\text{foliar}2} / M_2$ ; e a área foliar específica (AFE), pela equação  $AFE = A_2 / M_2$  (Hunt, 1982); onde  $M_1$  representa a massa seca total da planta na primeira coleta,  $M_2$  representa a massa seca total da planta na segunda coleta e  $M_{\text{foliar}2}$  representa a massa seca foliar na segunda coleta;  $T_1 - T_2$  representa a diferença de tempo entre as duas coletas;  $A_1$  e  $A_2$  representam a área foliar das plantas na primeira coleta e na segunda coleta respectivamente.

**Número de amostras e análise estatística** - As médias entre tratamentos foram comparadas por análise de variância seguida de teste de TUKEY através do programa computacional STATGRAPHICS (1993). Utilizaram-se nove plantas por tratamento para as análises feitas, a não ser quando especificado de maneira diferente.

## RESULTADOS

### Plantas crescidas em diferentes condições de luz

**Dados de crescimento:** A massa seca, área foliar, número de folhas e comprimento do caule nas diversas condições de luz são vistos na tabela 3. Observa-se que, em termos de massa seca total, não houve diferença entre plantas crescendo a pleno sol ou nas caixas de sombrite recebendo 70% ou 50% da luz solar total. As plantas em borda de mata (cerca 10,6% da luz solar) apresentaram quantidade de massa seca similar às plantas a pleno sol ou a 50% de luz. Já as plantas que cresceram em clareira

da mata (cerca de 8, 93% de luz) ou sob mata fechada (cerca de 0,86% de luz) tiveram um crescimento em massa seca menor que aquele das plantas fora da mata. Sob mata fechada, onde a massa seca foi a menor entre todas as condições, a massa seca apresentada pelas plantas foi cerca de 4% da massa seca apresentada pelas plantas em clareira pequena e cerca 1,9% daquela apresentada pelas plantas a pleno sol.

**Tabela 3.** Massa seca de raiz, caule, folhas, parte aérea e total, área foliar, comprimento do caule e número de folhas de plantas de *C. glazioui* crescidas por 60 dias, sob diferentes níveis de luz.

Idade (dias)	Nível de luz	Raiz (mg)	Caule (mg)	Folhas (mg)	PA (mg)	Total (mg)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Caule (cm)	nº de folhas
0	-	1,4	0,9	4,8	5,7	7,1	5,0	1,93	6,5
60	100%	877,2 <sub>c</sub>	221,6 <sub>c</sub>	881,1 <sub>c</sub>	1102,7 <sub>cd</sub>	1979,9 <sub>cd</sub>	196,85 <sub>b</sub>	8,97 <sub>b</sub>	7,2 <sub>bc</sub>
	70%	944,9 <sub>c</sub>	215,2 <sub>c</sub>	955,6 <sub>c</sub>	1170,8 <sub>d</sub>	2115,7 <sub>d</sub>	253,28 <sub>bc</sub>	9,27 <sub>b</sub>	7,7 <sub>c</sub>
	50%	877,9 <sub>c</sub>	234,2 <sub>cd</sub>	620,0 <sub>b</sub>	854,2 <sub>bc</sub>	1732,1 <sub>cd</sub>	261,43 <sub>cd</sub>	17,29 <sub>cd</sub>	6,6 <sub>abc</sub>
	BM	447,8 <sub>b</sub>	305,0 <sub>d</sub>	864,8 <sub>c</sub>	1169,8 <sub>d</sub>	1617,6 <sub>c</sub>	317,15 <sub>d</sub>	18,77 <sub>d</sub>	5,9 <sub>ab</sub>
	CP	191,0 <sub>a</sub>	129,4 <sub>b</sub>	589,2 <sub>b</sub>	718,7 <sub>b</sub>	909,7 <sub>b</sub>	278,62 <sub>cd</sub>	15,28 <sub>c</sub>	7,9 <sub>c</sub>
	MF	3,7 <sub>a</sub>	6,3 <sub>a</sub>	27,7 <sub>a</sub>	34,0 <sub>a</sub>	37,7 <sub>a</sub>	18,93 <sub>a</sub>	4,62 <sub>a</sub>	5,3 <sub>a</sub>

Letras comparam na vertical. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BM = Borda de mata (10,6% de luz); CP= Clareira pequena (8,93% de luz); MF= Mata fechada (0,87% de luz).

Quando se decompõe a massa seca total em massa seca de raiz e parte aérea, vê-se que, a 100%, 70% e 50% de luz a massa seca de raiz foi semelhante entre estes três tratamentos, porém a massa seca da parte aérea foi menor a 50% que a 70% e similar a 100% de luz solar. Já as plantas colocadas em borda de mata, embora tenham tido massa seca de parte aérea similar às plantas crescidas a 70% de luz ou pleno sol, o valor da massa seca da raiz foi bem menor que nas outras três condições. As plantas em clareira e em mata fechada tiveram menor crescimento em massa seca, tanto pelo menor crescimento da raiz como da parte aérea.

A área foliar a 100% de luz foi semelhante a 70% de luz e menor que a 50% de luz. As plantas em beira de mata e clareira pequena apresentaram área foliar semelhante a 50% e maior que a pleno sol. As plantas crescidas sob mata fechada, apresentaram área foliar drasticamente reduzida em relação às demais condições de luz.

O comprimento do caule foi menor nas condições com mais luz (100% e 70% de luz) e maior nas condições com menos luz (50% de luz, borda de mata e clareira pequena), mas sob mata fechada, o caule apresentou-se com o tamanho bastante reduzido. As plantas sob mata fechada, embora tenham apresentado pequeno comprimento de caule, este baixo comprimento deve estar relacionado ao baixo conteúdo de matéria seca neste órgão (0,8 mg/cm de caule), insuficiente para proporcionar um alongamento do mesmo.

O número de folhas variou entre as condições de luz, mas esta variação não pode ser relacionada com a quantidade de luz, já que a 50% de luz e em borda de mata (cerca de 10,6% de luz solar) as plantas apresentaram o mesmo número de folhas que em plantas sob mata fechada, as quais recebiam cerca de apenas 0,86% da luz solar total; e plantas em clareira pequena (cerca de 8,93 % da luz solar total) apresentaram número de folhas semelhantes às plantas sob 70% ou 100% de luz solar.

**Análise de crescimento:** A tabela 4 mostra os dados de análise de crescimento. Observa-se que a TCR foi similar em plantas a pleno sol, 70%, 50% de luz e em borda de mata, como demonstram os valores de massa seca total apresentado pelas plantas nestas diversas condições (vistos na tabela 2), os quais também foram similares. Já as plantas crescidas na clareira pequena e mata fechada apresentaram menor TCR, sendo as de mata fechada com o menor valor de TCR.

**Tabela 4.** Taxa média de crescimento relativo (TCR), razão média de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão massa foliar (RMF) e razão raiz/parte aérea (R/PA) de plantas de *C. glazoui* crescidas durante 60 dias, sob diferentes níveis de luz.

Intervalo de tempo (dias)	Níveis de Luz	TCR (mg mg <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	RAF (cm <sup>2</sup> mg <sup>-1</sup> )	AFE * (mg cm <sup>-2</sup> )	RMF *	R/PA *
	100%	0,0951 <sub>c</sub>	401,8 <sub>a</sub>	0,2435 <sub>a</sub>	0,445 <sub>ab</sub>	0,795 <sub>c</sub>
	70%	0,0974 <sub>c</sub>	412,0 <sub>ab</sub>	0,2661 <sub>a</sub>	0,452 <sub>ab</sub>	0,807 <sub>c</sub>
0-60	50%	0,0932 <sub>c</sub>	428,0 <sub>ab</sub>	0,4233 <sub>bc</sub>	0,358 <sub>a</sub>	1,027 <sub>d</sub>
	BM	0,0901 <sub>c</sub>	451,0 <sub>ab</sub>	0,3883 <sub>b</sub>	0,534 <sub>bc</sub>	0,382 <sub>b</sub>
	CP	0,0847 <sub>b</sub>	505,1 <sub>bc</sub>	0,4952 <sub>c</sub>	0,647 <sub>cd</sub>	0,265 <sub>ab</sub>
	MF	0,0269 <sub>a</sub>	588,4 <sub>c</sub>	0,7572 <sub>d</sub>	0,735 <sub>d</sub>	0,108 <sub>a</sub>

Letras comparam na vertical. Valores seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. BM= Borda de mata (10,6% de luz); CP= Clareira pequena (8,93% de luz); MF= Mata fechada (0,87% de luz). \*Valores calculados aos 60 dias de crescimento.

A razão de área foliar (RAF) foi maior em plantas sob mata fechada em comparação às plantas crescidas sob os demais níveis de luz, com exceção das plantas crescidas em clareira pequena. O valor da área foliar específica (AFE) e a razão de massa foliar (RMF) apresentaram uma tendência ao aumento com a diminuição do nível de luz, apresentando as plantas sob mata fechada, onde a quantidade de luz foi a menor entre todas as condições, o maior valor de AFE e de RMF.

A razão raiz/parte aérea (R/PA) foi menor nas três condições com menos luz (borda de mata, clareira pequena e mata fechada) que nas condições com mais luz (100%, 70% e 50% de luz).

### Plantas transferidas da mata fechada para sombreamento dado por tela de polietileno

As plantas de mata fechada (sombreamento de 0,86% da luz solar) transferidas para 1% da luz solar não sobreviveram. Sobreviveram apenas as plantas transferidas para 1,75% da luz solar, cujos dados de massa seca total, área foliar, altura do caule e número de folhas são vistos na tabela 5.

Observa-se por esta tabela que as plantas tiveram algum crescimento em massa seca e o caule apresentou-se mais longo. O crescimento em massa seca total deve ter sido maior, mas devido à queda de folhas (2 folhas a menos após a transferência), o valor da massa seca total foi quase similar antes e após a transferência. Comparando estes dados com os da tabela 2, nota-se que o crescimento sob mata fechada (0,86% da luz solar total) foi similar àquele apresentado sob o dobro da quantidade de luz (1,75% da luz solar total), evidenciando que esta quantidade de luz é ainda insuficiente para provocar um aumento significativo no crescimento total.

**Tabela 5.** Massa seca total, área foliar, altura do caule e número de folhas de plantas de *Cecropia glazioui* transferidas da mata fechada (0,86% da luz solar) para 1,75% de luz solar plena (sob caixa sombrite de 98,25% de corte de luz).

Coletas	Massa seca total (mg)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Altura do caule (cm)	Número de folhas
Antes da transferência	37,7	18,93	4,62	5,3
40 dias após a transferência	41,1	10,47	6,12	3,33

## DISCUSSÃO

Observando as plântulas de *Cecropia glazioui* crescendo a pleno sol ou sob sombreamento dado por tela de polietileno, recebendo 50% ou 70% da luz solar plena, vê-se que estas não mostraram variar a maioria dos parâmetros analisados (massa seca, área foliar, número de folhas, TCR, RAF ou RMF) com variação na quantidade de luz. Os únicos parâmetros que se alteraram com a variação na quantidade de luz foram a altura do caule e a razão raiz/parte aérea, as quais foram maiores a 50% que a 70% e 100% de luz solar. Estes dados mostram que entre 50% e 100% da luz solar, plântulas de *C. glazioui* têm baixíssima ajuste ao aumento da quantidade de luz. Duz *et al.* (2004) encontrou significativo ajuste de plântulas de *C. glazioui* com aumento da quantidade de luz entre 2% e 30% da luz solar, para os mesmos parâmetros analisados neste trabalho. Os dados encontrados por pelos autores acima mencionados e os encontrados no presente trabalho indicam que plântulas de *C. glazioui* apresentam plasticidade para ajustarem-se ao aumento da quantidade de luz até 30% da luz solar plena. Acima desta quantidade, a espécie não mais apresenta plasticidade para alterar sua morfologia ou fisiologia, à exceção da altura do caule, com aumento da quantidade de luz. Na verdade, grande parte das espécies arbóreas de florestas tropicais já estudadas tem comportamento semelhante a *C. glazioui*, sejam elas espécies de início de sucessão ou não, ajustam-se apenas a uma faixa de intensidade de luz que correspondente a intensidades mais baixas de luz (Poorter, 1999).

Duz *et al.* (2004) encontrou inibição do crescimento de plântulas de *C. glazioui* a 50% de luz solar. Entretanto, no presente trabalho a análise dos parâmetros avaliados mostra que o aumento progressivo da luz acima de 50% da luz solar não teve efeito inibitório no crescimento de plantas, sendo similar o crescimento das plantas a 50%, a 70% e a 100% da luz solar plena.

Quando se observam as plântulas crescendo sob o dossel da mata, onde a quantidade de luz variou em média entre 0,87% e 10,6% da luz solar plena, vê-se a plasticidade das plântulas em ajustarem-se ao aumento na quantidade de luz, alterando a massa seca total, a altura do caule, a TCR e a AFE. Assim, plântulas desta espécie respondem da mesma maneira ao sombreamento dado por tela de polietileno e ao dado por cobertura vegetal. Vários autores (Kwesiga & Grace 1986; Popma & Bongers 1991) têm encontrado influência na taxa fotossintética e no crescimento de plântulas em termos de massa seca, quando a razão vermelho/vermelho-extremo varia, mas este pareceu não ser o caso de *C. glazioui*.

Plântulas de espécies que se aclimatam à variação na quantidade de luz, quando em baixa quantidade de luz, aumentam a interceptação de luz através de maior alocação de biomassa para as folhas, biomassa esta distribuída em maior área (folhas mais finas - alta AFE), levando ao aumento da RAF e a uma diminuição da razão R/PA. Quando em alta quantidade de luz, as plantas diminuem a transpiração e aumentam a absorção de carbono, através do aumento da espessura foliar e diminuição de área foliar (folhas mais grossas - baixa AFE), levando à diminuição da

RAF e ao aumento da R/PA (Popma & Bongers 1991; Niinemets & Kull 1999; Dias-Filho 1999). Uma baixa AFE significa folhas menores com menor camada adjacente entre a atmosfera e a folha, permitindo maior perda de calor por convecção para o ambiente sendo necessário, desta maneira, menor transpiração para resfriar a folha em ambientes ensolarados; um aumento na R/PA significa maior investimento de biomassa para as raízes e maior absorção de água, a espessura da folha é aumentada devido a formação de várias camadas de parênquima fotossintetizante ativo, aumentando desta maneira, a capacidade fotossintética (Poorter 1999).

A espécie, na fase de crescimento estudada, seguiu este comportamento mostrando, dentro de uma determinada faixa de variação na quantidade de luz entre 0,86% e 50% da luz solar plena, plasticidade para o aumento da captação de luz quando em baixa quantidade de luz e plasticidade para diminuição da transpiração e aumento do ganho de carbono quando em maior quantidade de luz.

A taxa de crescimento relativo (TCR) é o produto da capacidade fotossintética da planta (TAL) pela quantidade de área fotossintetizante por massa da planta (RAF). Assim, dividindo-se o valor da TCR pelo da RAF, tem-se o valor aproximado da TAL (Hunt 1982). Observa-se, então que os valores mais baixos de TCR em plântulas sob mata fechada devem-se a uma baixíssima TAL ( $\cong 0,00005 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) em relação à TAL em clareira pequena ( $\approx 0,00017 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) ou a TAL a 50%, 70% e 100% da luz solar plena ( $\approx 0,00023 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). Assim a limitação no crescimento nas irradiâncias mais baixas foi devido a uma diminuição da taxa fotossintética (TAL).

A altura do caule pode variar em resposta à variação de irradiância (quantidade de luz), através de dois mecanismos diferentes. Algumas espécies podem apresentar caule mais alto, em baixa ou alta irradiância, devido a maior biomassa alocada a ele em virtude de taxa fotossintética mais alta (Kitajima 1996). Exemplos de espécies cuja maior altura do caule é relacionado a maior alocação de biomassa para este órgão são encontrados nos trabalhos de Mazzei *et al.* (1998) e Salgado *et al.* (1998). Por outro lado, outras espécies podem apresentar caules mais altos, mesmo com menor biomassa alocada para este órgão, fenômeno chamado de estiolamento do caule (Pinto *et al.* 1993; Felfilli *et al.* 1999). Este comportamento, que ocorre em baixas quantidades de luz, está associado ao escape do sombreamento por espécies de sol em resposta à diminuição da quantidade de luz azul, percebida pelo pigmento criptocromo, ou ao aumento de vermelho-extremo em relação à luz vermelha, percebido pelo pigmento fitocromo (Ballaré *et al.* 1997).

Em *C. glazioui*, durante este experimento, os maiores valores de comprimento do caule ocorreram, nas menores irradiâncias, sem que este comprimento estivesse associado ao aumento de massa seca do caule. Observou-se que o menor comprimento do caule a 100% e a 70% de luz não foi relacionado à menor quantidade de matéria seca nestes caules, já que dividindo-se a massa seca do caule pelo seu comprimento, observa-se que a 100% e a 70% de luz há mais matéria seca por centímetro de caule (cerca de 24mg/cm) que nas plantas com maior

comprimento de caule, a 50% de luz, borda de mata ou clareira pequena (cerca de 13mg/cm de caule). A exceção foi a condição de mata fechada onde mesmo em baixa quantidade de luz, o caule não apresentou o fenômeno de estiolamento. O alongamento do caule em baixa irradiância exibido por *C. glazioui* mostrou ser um comportamento de fuga ao sombreamento e pode ser importante na competição por luz quando as plantas estiverem sombreadas por vegetação circundante (Welander & Ottoson 1998). Este comportamento parece ser restrito a espécies que demandam bastante luz para seu crescimento (Poorter 1999), como é o caso de *C. glazioui*, espécie tida como sendo pioneira (Tabarelli *et al.* 1993).

Como as plantas sob mata fechada (0,86% de luz solar), apesar de estarem sob forte sombreamento, não mostraram alongamento do caule, resposta comum em espécies heliófitas quando sombreadas (Ballaré *et al.* 1997), estas plantas foram transferidas para sombreamentos um pouco menores de 1% e 1,75% da luz solar plena, para verificar se a resposta de alongamento do caule seria deflagrada. As plantas sob 1% de luz não sobreviveram, provavelmente pela falta de luz para causar a fotossíntese necessária à sobrevivência. A 1,75% da luz solar, as plantas sobreviveram, mas a resposta de alongamento do caule não foi deflagrada. Assim *C. glazioui* responde, à diminuição da luz, com um aumento de altura do caule até um certo limite de sombreamento. Se o sombreamento é muito intenso, provavelmente a luz incidente é insuficiente até mesmo para deflagrar a resposta de crescimento em altura para “fugir” do sombreamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballaré, C.L.; Scopel, A.L. & Sánchez, R.A. 1997. Foraging for light: photosensory ecology and agricultural implications. **Plant Environment** 20: 820-825.
- Bazzaz, F.A. 1979. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics** 10: 351-371.
- Bazzaz, F.A. & Pickett, S.T.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics** 11:287-310.
- Chow, W.S. & Anderson, J.M. 1987. Photosynthetic responses of *Pisum sativum* to an increase in irradiance during growth. I. Photo Activities. **Australian Journal of Plant Physiology** 14: 1-18.
- Dias-Filho, M.B. 1999. Physiological responses of two tropical weeds to shade. 1. Growth and biomass allocation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 34: 945-952.
- Duz, S.R.; Siminski, A.; Santos, M. & Paulilo, M.T.S. 2004. Crescimento inicial de três espécies arbóreas da Floresta Atlântica em resposta à variação na quantidade de luz. **Revista Brasileira de Botânica** 27: 587-596.
- Eastman, J.R. 1997. **Idrisi for Windows version 2.0**. Worcester: Clark University, EUA.
- Endler, J. 1993. The color of light in the forest and its implications. **Ecological Monographs** 63: 1-27.

- Felfilli, J.M.; Hilgert, L.F.; Franco, A.C.; Sousa-Silva, J.C.; Rezende A.L. & Nogueira, M.V.P. 1999. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. Var. *Rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica** 22: 297-301.
- Hunt, R. 1982. **Plant growth curves. The functional approach to plant analysis**. London: Edward Arnold.
- Kitajima, K. 1996. Ecophysiology of tropical tree seedling. In: Mulkey, S.S.; Chazdon, R.L. & Smith, A.P. (Eds) **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, p. 559-595.
- Kwesiga, F. & Grace, J. 1986. The role of the red ratio in the response of tropical tree seedlings to shade. **Annals of Botany** 57: 283-290.
- Lee, D.W.; Baskaran, K.; Mansor, M.; Mohamad, H. & Yap, S.K., 1996. Irradiance and spectral quality affect Asian tropical rain forest tree seedling development. **Ecology** 77: 568-580.
- Lee, D.W.; Oberbauer, S.F.; Krishnapilay, B.; Mansor, M.; Mohamad, H. & Yap, S.K. 1997. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian *Hopea* species. **Oecologia** 110: 1-9.
- Lorenzi, H. 1998. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Mazzei, L.J.; Felfilli, J.M.; Rezende A.V.; Franco A.C. & Sousa-Silva, J.C. 1998. Crescimento de plântulas de *Schfflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark & Frodin em diferentes níveis de sombreamento no viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 3: 27-36.
- Niinemets, U. & Kull, O. 1999. Biomass investment in leaf lamina versus lamina support in relation to growth irradiance and leaf size in temperate deciduous trees. **Tree Physiology** 19: 349-358.
- Osborne, B.A.; Clably, G.T.; Horsley, D. & Nolan, P.F. 1994. Is acclimation required for success in high light environments? A case study using *Micelis muralis* (L.) Dumort (Asteraceae). **New Phytology** 127: 363-375.
- Osunkoya, O.O. & Ash, J.E. 1991. Acclimation to a change in light regime in seedlings of six Australian rainforest tree species. **Australian Journal of Botany** 39: 591-605.
- Paulilo, M.T.S. 2000. *Euterpe edulis* Martius – (palmiteiro). Biologia – Conservação e manejo. **Sellowia** 49/52: 93-105.
- Pinto, AM; Varela V.P. & Batalha, LFP. 1993. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de louro pirarucu (*Licaria canella* (Meissn.) Kosterm.). **Acta Amazonica** 23: 397-402.
- Poorter, L. 1999. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology** 13: 396-410.

- Popma, J. & Bongers, F. 1991. Acclimation of seedlings of three Mexican tropical rainforest tree species to a change in light availability. **Journal of Tropical Ecology** 7: 85-97.
- Salgado, M.A.S.; Rezende A.V.; Sousa-Silva, J.C.; Felfilli, J.M. & Franco, A.C. 1998. Crescimento inicial de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. em diferentes condições de sombreamento. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** 2: 19-33.
- Scalon, S.P.Q. & Alvarenga A.A. 1993. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelii* Benth.). **Revista Árvore** 17: 265-270.
- Statgraphics. 1993. **Statistical graphics version 7**. Statistical graphics corporation.
- Smith, H. Samson, G. & Fork, D.C. 1993. Photosynthetic acclimation to shade probing the role of phytochrome using photomorphogenic mutants of tomato. **Plant Cell and Environment** 16: 929-937.
- Tabarelli, M.; Villani, J.P. & Mantovani, W. 1993. Aspectos da sucessão secundária em trecho da Floresta Atlântica no Parque Estadual da Serra do mar, SP. **Revista do Instituto Florestal** 5: 99-112.
- Turnbull, M.H. 1991. The effect of light quantity and quality during development of the photosynthetic characteristics of six Australian rainforest tree species. **Oecologia** 87: 110-117.
- Van Der Meer, P.J.; Sterck, F.J. & Bongers, F. 1998. Tree seedlings performance in canopy gaps in a tropical rain forest at Nouragues, French Guiana. **Journal of Tropical Ecology** 14: 119-137.
- Walters, M.B. & Reich, P.B. 1996. Are shade tolerance, survival and growth linked? Low light and nitrogen effects on hardwood seedlings. **Ecology** 77: 841-853.
- Welander, N.T. & Ottosson, B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. **Forest Ecology and Management** 107: 117-126.