

## Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento

Kennya Mara Oliveira Ramos<sup>1,4</sup>, Jeanine Maria Felfili<sup>1</sup>, Christopher William Fagg<sup>1</sup>,  
José Carlos Sousa-Silva<sup>2</sup> e Augusto César Franco<sup>3</sup>

Recebido em 30/04/2001. Aceito em 03/10/2003

**RESUMO** – (Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, em diferentes condições de sombreamento). *Amburana cearensis* é espécie de distribuição ampla no Brasil, ocorrendo no Norte, Nordeste e Centro-Oeste, nas florestas estacionais nos ecótonos floresta/cerrado ou floresta/caatinga. É espécie de elevado valor comercial, estando ameaçada de extinção pela exploração intensiva de sua madeira e ausência de reposição. Pouco se conhece sobre crescimento e alocação de biomassa de espécies de floresta estacional em função do sombreamento. Espera-se que estas espécies apresentem plasticidade fenotípica, uma vez que estão sujeitas a forte gradiente estacional de luz em seu ambiente natural, em adição às variações de luz usualmente encontradas sob o dossel. Estudos desta natureza podem levar a um melhor entendimento do funcionamento dos ecossistemas de florestas estacionais e da silvicultura da espécie. O objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento de mudas de *A. cearensis*, sob diferentes níveis de sombreamento (0%, 50%, 70% e 90%) em viveiro. As mudas foram submetidas aos tratamentos aos quatro meses de idade e o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 25 repetições por tratamento. As medidas de altura, diâmetro do coleto e número de folhas foram efetuadas desde o início dos tratamentos, até as mudas atingirem 16 meses de idade. A massa seca aérea e subterrânea e o comprimento da raiz foram determinados quando as mudas estavam com 19 meses de idade. O desenvolvimento inicial da espécie, em viveiro, foi condizente com os padrões esperados para as espécies de floresta estacional, desenvolvendo-se melhor nas condições menos sombreadas e investindo na formação de raízes tuberosas. Desta maneira, a biomassa total foi maior a 0% (10,55g), seguido de 50% e 70% de sombreamento, enquanto a menor média foi encontrada a 90% (4,59g) de sombreamento. Para as plantas em pleno sol, cerca de 80% da biomassa total estava no sistema radicular. O alto investimento em sistema radicular manteve-se nos demais tratamentos. Com base no seu desenvolvimento inicial, sugere-se a introdução desta espécie em estádios iniciais de recuperação de florestas estacionais degradadas, assim como testá-la para reflorestamento.

**Palavras-chaves:** crescimento inicial, luz, alocação de biomassa, floresta estacional, reflorestamento

**ABSTRACT** – (Initial growth and biomass allocation of *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Smith, under different levels of shade). *Amburana cearensis* has a wide geographical distribution throughout the seasonal forests and transition zones forest/savanna (Cerrado) and forest/dry seasonal forests (Caatinga) in the North, Northeast and Central Brazil. It is under threat due to over exploitation of its valuable timber and the massive conversion of the forests into agricultural land. Little is known on the growth and biomass allocation of the seasonal forests species. The hypothesis is that those species show some degree of phenotypic plasticity due to the strong seasonal light gradient found under natural conditions, in addition to those variations usually found under the canopy. This study can contribute to a better understanding of the functioning of the seasonal forest ecosystems and also to the silviculture of this species. The objective of this work was to study the growth and biomass allocation of seedlings of *A. cearensis* under full sun and three shading levels, in nursery conditions. The shading levels averaged 0%, 50%, 70% and 90% of the full sunlight. The experimental design was randomized with 25 replicates per treatment. Height, stem base diameter, number of leaves and leaflets were monitored from four months till 16 months of age, and dry matter was analyzed at 19 months of age. Biomass accumulation was affected by the shading levels. The total biomass was higher under full sunlight (10,55g), followed by 50%, and 70% shading, while the lowest average was found under 90% (4,59g). Eighty percent of total biomass was found in the roots for the unshaded plants. This pattern of biomass partitioning predominantly to roots occurred in all treatments. The initial development under nursery conditions indicates that this species could be introduced during the early stages of a program to reclaim degraded seasonal forests, as well as used in plantation trials.

**Key words:** initial growth, light conditions, biomass allocation, dry seasonal forests, reforestation

### Introdução

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais,

savânicas e campestres. As formações florestais típicas do Cerrado são as matas ciliares e as matas de galeria, que estão associadas a cursos de água e as matas secas ou estacionais, que ocorrem, nos interflúvios, em

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, C. Postal 04357, CEP 70900-900, Brasília, DF, Brasil (felfili@unb.br)

<sup>2</sup> Embrapa, Cerrados - BR 020, Km 18, Rod. BSB/ Fortaleza C. Postal 08223, CEP 73301-970, Planaltina, DF, Brasil (jcarlos@cpac.embrapa.br)

<sup>3</sup> Departamento de Botânica, Universidade de Brasília, C. Postal 04457, CEP 70919-970, Brasília, DF, Brasil (acfranco@unb.br)

<sup>4</sup> Autor para correspondência: felfili@unb.br

terrenos bem drenados e ricos em nutrientes (Ribeiro & Walter 1998).

Dentre as fisionomias florestais, as matas estacionais e suas espécies estão entre as mais ameaçadas. A taxa de destruição das florestas estacionais é importante para a América do Sul, que abriga cerca de 46% das florestas estacionais tropicais (deciduais e semi-deciduais) do mundo (Scariot & Sevilha 2000). Conforme Whitmore (1997), a maior taxa de destruição de florestas tropicais ocorre nas florestas estacionais, com média de 0,96% ao ano, em contraposição à média de 0,71% encontrada para as demais formações florestais tropicais. No Centro-Oeste brasileiro, a remoção destas florestas, para a ampliação de áreas de pastagem e agricultura e a retirada predatória de madeira, deixou somente fragmentos, bem mais perturbados do que nas florestas úmidas do complexo da Mata Atlântica.

A disponibilidade de luz em ambientes florestais é fator que influencia o desenvolvimento das plantas em ambientes florestais. Em função da resposta das plantas a esse fator, as espécies podem ser agrupadas em dois grandes grupos: espécies pioneiras (heliófitas) que requerem radiação solar direta para a germinação e o crescimento satisfatório de suas plântulas, e espécies clímax (umbrófilas), que são tolerantes ao sombreamento inicial, podendo germinar, sobreviver e desenvolver-se sob dossel fechado, com pouca luz (Swaine & Whitmore 1988). A maioria dos estudos sobre o efeito de níveis de sombreamento no desenvolvimento de espécies tropicais concentra-se em espécies de florestas perenifolias, com poucas informações sobre espécies de florestas estacionais (Augspurger 1984; Engel & Poggiani 1990; Fetene & Feleke 2001) onde, em adição aos gradientes formados pelo diferentes graus de abertura de dossel e ao posicionamento da planta na estrutura vertical da floresta, encontra-se gradiente de luz ao longo do ano, originado pela caducifolia.

Esta estacionalidade climática característica da área de ocorrência desse tipo de formação florestal vai exercer grande influência na dinâmica das populações vegetais, notadamente em relação aos ritmos fenológicos e ao estabelecimento de plantas. Espera-se que plantas sujeitas a estresse apresentem características como elevada razão raiz/parte aérea, baixas taxas de crescimento, de fotossíntese, de aquisição de recursos e de renovação de tecidos, o que lhes confere resistência para desenvolverem-se em ambientes extremos (Lambers & Porter 1992; Chapin *et al.* 1993). O crescimento em ambientes de

floresta estacional é restringido pelo severo déficit hídrico na estação seca, quando a maioria das espécies perde suas folhas. Os efeitos da seca vão ser mais intensos nas florestas sob afloramento calcáreo, onde o solo é superficial e rochoso. Plântulas são mais suscetíveis aos períodos secos do que aquelas em estádios posteriores de desenvolvimento e que provavelmente já possuem sistema radicular substancial. Assim sendo, plântulas em ambientes estacionais devem apresentar rápido desenvolvimento inicial do sistema radicular para sobreviver aos meses de seca (Kitajima 1996; Gouveia & Felfili 1998).

*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (= *Torresia cearensis* Allemão), família das Leguminosae-Papilionoideae, é uma árvore de caule ereto, que chega a atingir 10 a 12m alt. (Lima 1989). Por suas qualidades madeireiras, tem sido explorada até a exaustão nos locais de ocorrência, tendo em vista a utilização da sua madeira, conhecida como cerejeira, em movelaria fina, esculturas e marcenaria em geral, estando listada como espécie em extinção (Hilton-Taylor 2000). Além disso, a espécie apresenta propriedades medicinais, sendo a casca da árvore e as sementes utilizadas na produção de medicações populares destinadas ao tratamento de afecções pulmonares, tosse, asma, bronquite e coqueluche (Berg 1986). A espécie apresenta ampla distribuição geográfica na América do Sul, sendo característica de floresta estacional. Portanto, ocorre em floresta estacional semidecidual, restrita aos afloramentos rochosos ou calcáreos; em floresta estacional decidual submontana (oeste da Bahia); em floresta ombrófila densa (floresta atlântica), entrando até a caatinga/mata seca, onde é frequente. A sua ocorrência no Cerrado e no Pantanal restringe-se às manchas de florestas estacionais de afloramento calcáreo e suas zonas de transição com o Cerrado *sensu stricto* (Mendonça *et al.* 1998) em áreas bem drenadas e de moderada a elevada fertilidade.

O estudo do desenvolvimento inicial de plantas desta espécie e dos padrões de repartição de biomassa contribuirá para entender o funcionamento destas formações de floresta estacional. É esperado que uma espécie de floresta estacional mostre plasticidade às variações de luz e que o seu padrão de alocação de biomassa seja condizente com o ritmo estacional de crescimento, determinado pelas condições extremas da estação seca. Engel & Poggiani (1990), analisando o crescimento da parte aérea de mudas de *T. cearensis*, verificaram comportamento tolerante até o nível máximo de sombreamento estudado, de 68%, e

recomendaram estudos mais detalhados da ecologia e da fisiologia da espécie para consolidar a sua classificação no grupo ecológico das espécies tolerantes à sombra. As biomassas aérea e radicular são variáveis importantes na avaliação do desenvolvimento das plantas e na sua capacidade de aclimação a diferentes regimes de sombreamento e na tolerância a períodos secos, porém, a biomassa radicular não foi estudada no mencionado trabalho. Para o estabelecimento de protocolos que permitam a utilização de espécies nativas em programas de recuperação de áreas degradadas, assim como para plantios comerciais, fazem-se necessários estudos de ecofisiologia em condições de campo, em condições controladas de laboratório e em condições semi-controladas em viveiros e casas de vegetação.

Neste trabalho o desenvolvimento inicial e a repartição de biomassa da espécie *Amburana cearensis* foram avaliados sob pleno sol e sob três condições de sombreamento, em viveiro.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal da Fazenda Água Limpa, a Estação Experimental da Universidade de Brasília (UnB), que se situa a 15°56'14"S e 47°46'08"W, com altitude aproximada de 1.100m. O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.600mm.

As sementes de *Amburana cearensis* foram coletadas no Vale do Paranã, município de Iaciara, GO, em solo de afloramentos calcáreos, no mês de agosto/1998 e semeadas em 8/setembro/1998. Duas sementes foram colocadas a uma profundidade de 20mm em sacos de polietileno preto opaco de 15×25cm com perfurações laterais e contendo subsolo de mata de galeria, sob pleno sol. Foram realizadas irrigações pela manhã e à tarde, durante todo experimento. O tempo médio de germinação foi de 20 dias a partir da semeadura. Aos quatro meses de idade, foram selecionadas, aleatoriamente, 25 mudas por tratamento, sendo submetidas a um delineamento inteiramente casualizado, onde cada muda representou uma repetição. Segue abaixo a descrição de cada tratamento, cujas curvas diárias de luz estão publicadas em Felfili *et al.* (1999).

Tratamento 1 - Pleno sol, representando uma condição extrema de área degradada, com 0% de sombreamento;

Tratamento 2 - Cobertura lateral com sombrite verde e superior com plástico transparente, representando

condição de clareira. Nestas condições, em média cerca de 50% da densidade de fluxo de fótons na faixa fotossinteticamente ativa (DFF) foi interceptada ao longo do período luminoso (50% de sombreamento);

Tratamento 3 - Cobertura lateral e superior com sombrite verde, representando estádio em que o dossel da mata esteja se fechando, incidindo apenas irradiação solar indireta; sendo a DDF em média 30% da luz incidente na área exposta a pleno sol (70% de sombreamento);

Tratamento 4 - Cobertura lateral e superior com sombrite verde, simulando uma condição de dossel fechado; com DDF de 10% (90% de sombreamento).

As plantas foram colocadas em bancadas de madeira com aproximadamente 1,30m de altura do solo e largura de 60cm nas casas de vegetação e a pleno sol para evitar contato direto com o solo.

As variáveis avaliadas no período de 6/janeiro/1999 a 10/janeiro/2000 foram: altura das plântulas, diâmetro do colo, número de folhas e folíolos. O diâmetro do colo foi medido com paquímetro digital (Mitutoyo Corporation, Japão) a 0,5cm do solo e a altura foi medida com régua milimetrada, partindo do nível do solo até o ápice. A primeira medição das variáveis alométricas foi efetuada quando as plantas foram submetidas aos tratamentos em 6/janeiro/1999, aos quatro meses de idade e, a partir desta data, foram efetuadas mais cinco medições. A cada medição a posição das plantas foi trocada nos tratamentos, visando à homogeneização de fatores não controláveis.

As medidas de produção de massa seca foram realizadas no dia 14/abril/2000, sendo selecionadas dez plantas com crescimento uniforme, de cada tratamento. Estas foram destorroadas, lavadas e separadas em folhas, caule e raiz em sacos de papel, sendo mantidas em estufa a 70°C até peso constante e, em seguida, foram pesadas em balança (A & D Company Ltda, EUA) com precisão de 0,001g.

O teste de Tukey foi aplicado para comparar as médias dos tratamentos que apresentaram diferença significativa a 5% pelo teste F. O teste de Bartlett foi utilizado para testar a homogeneidade das variâncias (Draper & Smith 1980; Sokal & Rolf 1981). A transformação raiz quadrada ( $x+1$ ) foi aplicada para folhas e folíolos, visando atingir a normalidade.

## Resultados e discussão

Aos quatro meses de idade (janeiro/1999), quando as plantas foram submetidas aos tratamentos, a altura

e o número de folhas não diferiram significativamente indicando homogeneidade de crescimento das plantas quanto a essas variáveis (Tab. 1). Foi, porém, encontrada diferença significativa para o diâmetro do coleto e o número de folíolos.

As plantas apresentaram pequeno crescimento da parte aérea, com um aumento de altura da ordem de 5cm entre os 4 e 16 meses de idade (Tab. 1). Neste estudo, procurou-se verificar apenas a influência da luz, portanto, padronizou-se um substrato composto de solo de cerrado. Mas, se estivessem crescendo em substratos mais férteis, como o solo das florestas estacionais de onde a espécie é nativa, as plantas provavelmente apresentariam melhor desenvolvimento.

Aos seis meses de idade, as plantas sob pleno sol apresentaram maior diâmetro (3,61mm), similar estatisticamente ao daquelas a 70% de sombreamento, e como verificado na implantação do experimento,

Tabela 1. Efeitos dos diferentes níveis de sombreamento sobre altura, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos em plantas de *Amburana cearensis*, em diferentes idades.

Idade das plantas (meses)	Sombreamento (%)	Altura (cm)	Diâm. coleto (mm)	N. folhas	N. folíolos
4 meses Data: 06/01/1999	0	15,54 a	3,34 c	5 a	38 b
	50	13,88 a	2,78 a	5 a	32 a
	70	14,85 a	3,10 bc	5 a	35 ab
	90	14,18 a	2,96 b	5 a	34 ab
6 meses Data: 09/03/1999	0	16,92 a	3,61 b	3 a	18 a
	50	14,20 a	3,10 a	3 a	19 a
	70	15,16 ab	3,50 b	4 a	18 a
	90	14,38 a	3,16 a	4 a	26 a
8 meses Data: 03/05/1999	0	16,54 b	3,78 a	2 a	13 a
	50	14,42 a	3,38 a	2 a	11 a
	70	15,35 ab	3,45 a	1 a	7 a
	90	15,17 ab	3,37 a	4 b	28 b
12 meses Data: 14/09/1999	0	17,02 b	3,75 a	1 a	3 a
	50	14,41 a	3,66 a	1 a	2 a
	70	16,24 ab	3,58 a	1 a	5 a
	90	15,60 ab	3,79 a	1 a	3 a
14 meses Data: 09/11/1999	0	20,58 a	4,12 b	5 a	41 a
	50	18,31 a	3,83 ab	4 a	28 a
	70	18,87 a	3,57 a	4 a	32 a
	90	19,82 a	3,61 a	4 a	29 a
16 meses Data: 10/01/2000	0	20,72 a	4,42 b	5 a	33 a
	50	19,39 a	4,02 ab	4 a	29 a
	70	19,82 a	3,72 a	5 a	34 a
	90	20,17 a	3,83 ab	4 a	29 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

diferiram dos demais tratamentos por Tukey a 5%. Aos oito meses de idade, ao final da estação chuvosa, não houve diferença significativa entre as médias de diâmetro do coleto.

Aos 12 meses de idade, na estação seca, somente foram detectadas diferenças significativas para a altura, com a maior média encontrada a pleno sol (17,02cm) que foi também similar a 70% e 90% e diferiu significativamente de 50% de sombreamento. Estas diferenças desapareceram aos 14 e aos 16 meses de idade, assim como também não houve diferenças para o número de folhas e folíolos.

Aos 14 meses, houve diferenças significativas para o diâmetro do coleto com a maior média sendo encontrada a pleno sol (4,12mm) que não diferiu de 50% mas diferiu significativamente dos demais tratamentos. Aos 16 meses, o maior diâmetro foi também encontrado a pleno sol (4,42mm) que diferiu significativamente apenas de 70% de sombreamento (3,72mm).

Só houve diferenças para o número de folhas e folíolos aos oito meses de idade, quando as maiores médias foram encontradas a 90% de sombreamento (quatro folhas e 28 folíolos), diferindo significativamente dos demais tratamentos. Ocorreu um ritmo de queda de folhas associado à estacionalidade climática, com médias de até cinco folhas e mais de 30 folíolos na estação chuvosa (janeiro), decrescendo até uma folha e dois folíolos na seca (setembro) (Tab. 1). Portanto, apesar da irrigação em viveiro, as plantas mantiveram o seu padrão de deciduidade, indicando que esta é uma característica intrínseca e concordando com os resultados de Wright & Cornejo (1990), que irrigaram 2,25ha de floresta estacional na Ilha de Barro Colorado, no Panamá, e não encontraram efeitos significativos na deciduidade.

O sombreamento afetou a acumulação de biomassa pelas plantas (Fig. 1), de modo que a biomassa total foi maior a pleno sol (10,55g) seguida de 50% de sombreamento e diferindo significativamente dos demais tratamentos, com a menor média a 90% (4,59g), representando apenas cerca de um terço da biomassa acumulada a pleno sol. A biomassa da raiz apresentou a maior média (8,44g) a pleno sol e a menor a 90% de sombreamento (3,40g) assim como o caule, com valores de 1,59g a pleno sol e 0,84g a 90% de sombreamento. O maior acúmulo de biomassa foliar ocorreu também a pleno sol (0,51g), seguido de 50% e diferindo significativamente de 70 e 90% de sombreamento (0,36g). Portanto, o desenvolvimento da espécie foi melhor a pleno sol até 50% de sombreamento, indicando

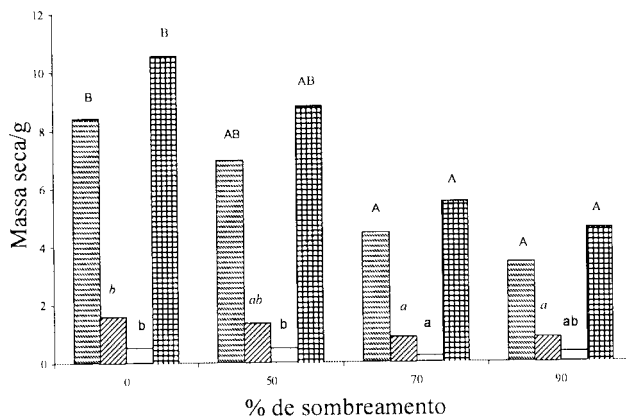


Figura 1. Efeito dos diferentes níveis de sombreamento sobre a massa seca de raiz, caule, folhas e total das plântulas de *Amburana cearensis* aos 16 meses de idade. Barras seguidas de mesma letra e fonte são iguais a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ▨ = raiz; ▩ = caule; □ = folha; ▤ = total.

caráter heliófilo. Engel & Poggiani (1990) estudando apenas variáveis alométricas, constataram bom desenvolvimento entre os níveis de 50 e 70%, porém, o presente trabalho mostrou maior acúmulo de biomassa até 50% de sombreamento.

O maior acúmulo de massa seca a pleno sol e em condições intermediárias de sombra condiz com os resultados de Augspurger (1984) para 15 espécies de floresta semidecídua, e com os resultados encontrados por Fetene & Feleke (2001) em estudo de espécies arbóreas de floresta seca afro-montana. A capacidade de aclimação às condições de sombreamento e o bom desempenho nos ambientes com níveis intermediários de sombreamento condizem com as variações na intensidade luminosa às quais a espécie está exposta no ambiente de floresta estacional.

A maior parte da matéria seca total acumulada pelas plantas foi alocada no sistema radicular, em todos os níveis de sombreamento (Fig. 1), padrão similar ao encontrado para plantas de Matas de Galeria do Brasil Central (Felfili *et al.* 2001). Carvalho (1994) descreveu o sistema radicular da planta jovem de *A. cearensis* como um grosso tubérculo, aproximadamente napiforme, carnoso, de coloração cinabrina (vermelha) e com numerosas raízes fibrosas. Se por um lado, as condições de maior iluminação proporcionaram aumento na quantidade de massa seca, esta foi sempre maior nas raízes, sendo a razão raiz/parte aérea superior a 2 em todos os tratamentos e atingindo 4,07 para as plantas a pleno sol (Tab. 2). Com isso, o investimento nas raízes foi bem maior do que o encontrado para espécies de Mata de Galeria (Tab. 4), com razões mais próximas daquelas encontradas para

as plantas de Cerrado sentido restrito (Paulilo & Felipe 1998; Moreira & Klink 2000). Este padrão de elevado investimento em produção de biomassa radicular é fator positivo na seleção de espécies em ambientes sob intensa estacionalidade climática (Lambers & Porter 1992; Chapin *et al.* 1993; Kitajima 1996) tais como no

Tabela 2. Efeito dos diferentes níveis de sombreamento sobre massa seca de raiz (R), caule (C), folhas (F), total e razão raiz/parte aérea das plântulas de *Amburana cearensis* aos 16 meses de idade.

Sombreamento (%)	Raiz (g)	Caule (g)	Folhas (g)	Total [R/(C+F)] (g)	Raiz/parte aérea [R/(C+F)]
0	8,44 b	1,59 b	0,51 b	10,55 b	4,11 a
50	6,96 ab	1,36 ab	0,50 b	8,83 ab	3,63 a
70	4,44 a	0,85 a	0,21 a	5,50 a	4,17 a
90	3,40 a	0,84 a	0,36 ab	4,59 a	2,73 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

cerrado e nas florestas estacionais, enquanto em matas de galeria a estacionalidade é atenuada pelo lençol freático próximo à superfície (Gouveia & Felfili 1998).

Esperava-se que o sombreamento levasse à diminuição na quantidade de biomassa acumulada, mas ao mesmo tempo, resultasse em, proporcionalmente, maior investimento na parte aérea. Quanto à repartição de biomassa, a pleno sol, 80,2% da biomassa total acumulou-se na raiz, 14,9% no caule e 4,9% nas folhas (Tab. 2), enquanto a 90% de sombreamento, condição em que houve o menor acúmulo de biomassa total, a raiz representou 72,8%, o caule 18,4% e as folhas 8,8%, mostrando padrão diferenciado de repartição de biomassa em função do sombreamento. A maior proporção de biomassa foliar acumulada nas plantas a 90% de sombreamento condiz com a resposta esperada de plantas estioladas em função da deficiência de luz. Porém, o desenvolvimento do sistema radicular com razão raiz/parte aérea elevada sugere tolerância a esse estresse, conforme verificado também por Fetene & Feleke (2001) para espécies de florestas estacionais afro-montanas. No entanto, esse investimento maciço em estruturas subterrâneas, mesmo em condições de baixa luminosidade, representa dreno importante dos produtos fotossintéticos que poderia ser investido em crescimento e desenvolvimento mais rápido da parte aérea.

A média de massa seca (Tab. 2) de raiz, aos 16 meses de idade, foi superior sob pleno sol, a 70 e

90% de sombreamento. A média de comprimento de raiz foi também superior sob pleno sol, similar àquela encontrada sob 50%, por Tukey a 5% não diferindo porém, dos demais tratamentos, que foram similares entre si. A maior média de comprimento do caule (25,05cm) a pleno sol, foi similar àquela encontrada a 50% e 70%, mas diferiu significativamente da menor média (18,60cm), encontrada a 90% de sombreamento (Tab. 3). Por outro lado, espécies de Mata de Galeria apresentaram maior crescimento do caule sob 90% de sombreamento (Tab. 4). As razões comprimento de raiz/caule estiveram em torno de 1 nas diferentes condições experimentais, indicando

Tabela 3. Efeitos dos diferentes níveis de sombreamento sobre o comprimento da raiz, caule e razão comprimento da raiz/comprimento do caule de *Amburana cearensis*, em 10/05/2000, aos 16 meses de idade.

Sombreamento	Raiz (cm)		Caule (cm)		Raiz/caule
	Média	Erro	Média	Erro	Média
0	27,76 b	3,448	25,05 b	2,130	1,12 a
50	23,20 ab	2,913	22,35 ab	2,408	1,06 a
70	20,94 a	5,986	21,01 ab	4,098	1,02 a
90	21,05 a	4,356	18,60 a	2,419	1,14 a

Erro padrão da média (P<0,05). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Desenvolvimento em altura e repartição de biomassa em *Amburana cearensis*, espécie de mata estacional, e em espécies de mata de galeria, sob diferentes condições de sombreamento, simulando condições naturais, no viveiro da Fazenda Água Limpa, UnB, DF.

Espécies	Variável	Idade (meses)	Sol (0%)	Clareira (50%)	Sub bosque (90%)	Fonte
<i>Amburana cearensis</i>	Altura (cm)	19	20	19	20	Este trabalho
	Biomassa aérea (g)		2,10	1,86	1,20	
	Biomassa raiz (g)		8,44	6,96	3,40	
	Raiz/parte aérea		4,11	3,63	2,73	
<i>Cabralea canjerana</i>	Altura (cm)	17,5	21	18	25	Sousa-Silva <i>et al.</i> 1999
	Biomassa aérea (g)		4	2	3	
	Biomassa raiz (g)		6	6	5	
	Raiz/parte aérea		1,3	2,5	1,4	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Altura (cm)	22	17	13	23	Salgado <i>et al.</i> 1998
	Biomassa aérea (g)		4	3	4	
	Biomassa raiz (g)		7	9	3	
	Raiz/parte aérea		1,9	3,0	0,8	
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Altura (cm)	17	23	34	33	Salgado <i>et al.</i> 2001
	Biomassa aérea (g)	20	5	7	5	
	Biomassa raiz (g)		6	18	5	
	Raiz/parte aérea		1,1	2,7	1,1	
<i>Hymenaea courbaril</i>	Altura (cm)	21	75	62	63	Mazzei <i>et al.</i> 1999
	Biomassa aérea (g)		24	33	19	
	Biomassa raiz (g)		35	33	12	
	Raiz/parte aérea		1,5	1,0	0,7	
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	Altura (cm)	20	22	33	39	Felfili <i>et al.</i> 1999
	Biomassa aérea (g)		7	18	8	
	Biomassa raiz (g)		7	13	4	
	Raiz/parte aérea		1,0	0,9	0,5	
<i>Schefflera morototoni</i>	Altura (cm)	25	10	14	24	Mazzei <i>et al.</i> 1998
	Biomassa aérea (g)		4	6	6	
	Biomassa raiz (g)		5	9	5	
	Raiz/parte aérea		1,3	1,6	0,8	
<i>Cryptocaria aschersoniana</i>	Altura (cm)	10	36	61	58	Rezende <i>et al.</i> 1998
	Biomassa aérea (g)		6	9	6	
	Biomassa raiz (g)		5	7	3	
	Raiz/parte aérea		0,8	0,7	0,5	
<i>Ormosia stipularis</i>	Altura (cm)	22	13	24	18	Mazzei <i>et al.</i> 1997
	Biomassa aérea (g)		12	33	10	
	Biomassa raiz (g)		12	23	4	
	Raiz/parte aérea		0,9	0,7	0,4	

proporcionalidade no desenvolvimento das variáveis alométricas, diferenciada daquela encontrada na comparação entre biomassa radicular/aérea, que variou de 4,11:1 sob pleno sol, até 2,73:1 sob 90% de sombreamento. As medidas de biomassa foram mais efetivas para avaliar o desenvolvimento das plantas em função dos tratamentos estabelecidos, uma vez que a parte aérea desenvolveu-se pouco nesses 19 meses de observação. Os valores de comprimento de raiz (Tab. 4) indicam que o sistema radicular desta espécie aos 19 meses de idade ainda está restrito às camadas superficiais do solo e, portanto, exposto à escassez de água, característico da época seca em locais de ocorrência da espécie, como por exemplo os cerrados do Planalto Central (Nardoto *et al.* 1998; Kanegae *et al.* 2000). Portanto, o investimento na formação do grosso tubérculo radicular pode ser tanto um investimento para acúmulo de nutrientes durante o período de caducifolia, como de água na seca. Estudos sobre a resposta de *A. cearensis* ao déficit hídrico são necessários para determinar a sua capacidade de sobreviver à sazonalidade climática que caracteriza o seu habitat natural.

*Amburana cearensis* mostrou plasticidade em relação às diferentes condições de luminosidade com melhor desenvolvimento, em termos de acúmulo de massa seca e em variáveis alométricas, nas condições de pleno sol e até 50% de sombreamento. No entanto, verificou-se dreno importante dos produtos fotossintéticos ocasionado pelo alto investimento em sistema radicular, mesmo em condições de baixa luminosidade, o que pode restringir sua capacidade de tolerar ambientes mais sombreados. Desta maneira, o estresse causado pelo sombreamento de 90% resultou em diminuição significativa na acumulação de matéria seca. Além disso, a espécie também não respondeu em termos de maior crescimento em altura nas condições de 90% de sombreamento, mesmo em condição de viveiro, onde recebeu irrigação e foi protegida de competição.

O desenvolvimento inicial da espécie, em viveiro, foi condizente com os padrões esperados para as espécies de floresta estacional, desenvolvendo-se melhor nas condições menos sombreadas e investindo na formação de raízes tuberosas. A fenologia foliar apresentou ritmo estacional, acompanhando o clima.

Com base no seu desenvolvimento inicial, sugere-se a introdução desta espécie em estádios iniciais de recuperação de florestas estacionais degradadas, assim como para experimentos visando seleção de espécies nativas para reflorestamento.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, DFID-UK, PRONEX-2 e PROBIO, pelo apoio financeiro ao grupo de pesquisa; aos funcionários Sr. Newton Rodrigues, do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília; ao Sr. Nelson de Oliveira Paes, da Embrapa Cerrados, pelo auxílio na coleta de dados de massa seca.

## Referências bibliográficas

- Augspurger, C.K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. **Journal of Ecology** **77**: 777-795.
- Berg, M.E.V.D. 1986. Formas atuais e potenciais de aproveitamento das espécies nativas exóticas do Pantanal Mato-Grossense. Pp. 131-136. In: **Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal**, Corumbá, Embrapa - UFMS, 1984. Anais, Brasília, (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 5).
- Carvalho, P.E.R. 1994. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. EMBRAPA/CNPQ; EMBRAPA-SPI.
- Chapin III, F.S.; Autumn, K. & Pugnaire, F. 1993. Evolution of suites of traits in response to environmental stress. **American Naturalist** **142**(supplement): 79-92.
- Draper, N.R. & Smith, H. 1980. **Applied regression analysis**. 2<sup>nd</sup> ed. J. Wiley, New York.
- Engel, V.L. & Poggiani, F. 1990. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais**. IPEF, **43/44**: 1-10.
- Felfili, J.M.; Hilgert, L.F.; Franco, A.C.; Sousa-Silva, J.C.; Rezende, A.V. & 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.
- Felfili, J.M.; Franco, A.C.; Fagg, C.W. & Sousa-Silva, J.C. 2001. Desenvolvimento inicial de espécies de mata de galeria. Pp. 779-811. In: J.F. Ribeiro; C.E.L. Fonseca & J.C. Sousa-Silva (eds.). **Cerrado: Caracterização e recuperação de matas de galeria**. EMBRAPA-CERRADOS, Planaltina.
- Fetene, M. & Feleke, Y. 2001. Growth and photosynthesis of seedlings of four tree species from a dry Tropical afro-montane forest. **Journal of Tropical Ecology** **17**: 269-283.
- Gouveia, G.P. & Felfili, J.M. 1998. Fenologia de comunidades de matas de galeria e de cerrado no Distrito Federal. **Revista Árvore** **22**: 443-450.
- Hilton-Taylor, C. (compiler) 2000. **2000 IUCN Red List of Threatened Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kanegae, M.F.; Braz, V. Da S. & Franco, A.C. 2000. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Planalto Central. **Revista Brasileira de Botânica** **23**: 457-466.

- Kitajima, K. 1996. Ecophysiology of tropical tree seedlings. Pp. 559-596. In: S.S. Mulkey; R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Chapman and Hall, New York.
- Lambers, H. & Porter, H. 1992. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research** **23**: 187-261.
- Lima, D. De A. 1989. **Plantas da Caatinga**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.
- Mazzei, L.J.; Rezende, A.V.; Felfili, J.M.; Franco, A.C.; Souza-Silva, J.C.; Cornachia, G. & Silva, M.A. 1997. Comportamento de plântulas de *Ormosia stipularis* Ducke submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. Pp. 17-21. In: L.L. Leite & C.H. Saito (eds.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Universidade de Brasília, Brasília.
- Mazzei, L.J.; Felfili, J.M.; Rezende, A.V.; Franco, A.C. & Sousa-Silva, J.C. 1998. Crescimento de plântulas de *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, Steyermark & Frodin em diferentes níveis do sombreamento no viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **3**: 27-36.
- Mazzei, L.J.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M.; Rezende, A.V. & Franco, A.C. 1999. Crescimento de plântulas de *Hymenaea courbaril* var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee & Lang em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **4**: 21-29.
- Mendonça, R.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S. & Nogueira, P.E.N. 1998. Flora vascular do Cerrado. Pp. 287-556. In: S. Sano & S. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Moreira, A.G. & Klink, C.A. 2000. Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting Brazilian savannas. **Ecotropicos** **13**: 43-51.
- Nardoto, G.B.; Souza, M.P. & Franco, A.C. 1998. Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos Cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. **Revista Brasileira de Botânica** **21**: 313-319.
- Paulilo, M.T.S. & Felippe, G.M. 1998. Growth of the shrub-tree flora of the Brazilian cerrados: a review. **Tropical Ecology** **39**: 165-174.
- Rezende, A.V.; Salgado, M.A.S.; Felfili, J.M.; Franco, A.C.; Souza-Silva, J.C.; Cornachia, G. & Silva, M.A. 1998. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes regimes de sombreamento em viveiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **2**: 19-33.
- Ribeiro, F.J. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 89-166. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina.
- Salgado, M.A.S.; Rezende, A.V.; Sousa-Silva, J.C.; Felfili, J.M. & Franco, A.C. 1998. Crescimento inicial de *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. em diferentes condições do sombreamento. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **3**: 37-45.
- Salgado, M.A.S.; Rezende, A.V.; Felfili, J.M.; Franco, A.C. & Sousa-Silva, J.C. 2001. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Brasil Florestal** **70**: 13-21.
- Scariot, A.O. & Sevilha, A.C. 2000. Diversidade, estrutura e manejo de Florestas Deciduais e as estratégias para a conservação. Pp.183-188. **Tópicos atuais em Botânica**. Embrapa Recursos, Brasília. Genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1981. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. Freeman, New York.
- Sousa-Silva, J.C.; Salgado, M.A.S.; Felfili, J.M.; Rezende, A.V. & Franco, A.C. 1999. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha sob diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **4**: 80-89.
- Swaine, M. & Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio** **75**: 81-86.
- Whitmore, T.C. 1997. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. Pp. 3-14. In: W.F. Laurance & R.O. Bierregaard Jr. (eds.). **Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities**. The University of Chicago Press, Chicago.
- Wright, J.S. & Cornejo, F.H. 1990. Seasonal drought and the timing of flowering and leaf fall in a neotropical forest. Pp. 49-61. In: K.S. Bawa & M. Hadley. **Reproductive ecology of tropical forest plants**. MAB/UNESCO. Paris.