

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ – UESC

MARCO ANTONIO OLIVEIRA LIMA

**CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS,
CULTIVADAS EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL, PLENO
SOL E 'CABRUCA'**

**ILHÉUS – BAHIA
2007**

MARCO ANTONIO OLIVEIRA LIMA

**CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS,
CULTIVADAS EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL, PLENO
SOL E 'CABRUCA'**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Linha de Pesquisa:

Cultivos em Ambiente de Clima Tropical Úmido

Orientador:

Prof. Dr. Marcelo Schramm Mielke

Co-orientadores:

Prof. Dr. Alex-Alan Furtado de Almeida e Prof^ª.

Dr^ª Solange França

**ILHÉUS – BAHIA
2007**

MARCO ANTONIO OLIVEIRA LIMA

**CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS,
CULTIVADAS EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL, PLENO
SOL E 'CABRUCÁ'**

Ilhéus, BA, 30/01/2007.

Prof. Dr. Marcelo Schramm Mielke
UESC/DCB
(Orientador)

Prof^ª. Dr^a Solange França
UESC/DCAA

Prof. Dr. Fábio Pinto Gomes
UESC/DCB

Dr. Marco Antonio Galeas Aguilar
CEPLAC

DEDICATÓRIA

As duas mulheres mais importantes da minha vida:

minha mãe, Maria Pureza, que mesmo não estando mais aqui, permanece presente e como fonte renovadora de energia e coragem...

e

minha cúmplice, Alessandra Estrêla, parceira nas minhas recentes vitórias e sem a qual não as teria conquistado...

Quase que nada sei, mas, desconfio de muitas coisas...

João Guimarães Rosa

AGRADECIMENTOS

A DEUS.

Em especial a meu orientador Dr. Marcelo Schramm Mielke, sempre presente, disponível e paciente. O orientador que todos querem sempre por perto.

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) que viabilizou a realização deste trabalho.

Ao Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), na figura do Eng^o. Agr^o. Aldo Maia Lavigne Brito pela cessão das mudas, instalações e pelo grande apoio dispensado. Aos funcionários de campo, pela colaboração na fase inicial deste trabalho.

A Meu Pai Francisco Antonio, pelo incentivo, apoio e principalmente pela paciência nos momentos de estresse.

A minha vó Tereza pelo eterno apoio incondicional e principalmente por não ter me esquecido e nem se afastado.

A minha família: “Tias”, irmão, sobrinhos(a), primos(as), cunhada (esta última contrariando completamente a máxima popular de que cunhado não é parente e só serve para criar problemas), obrigado, não sei se mereço tanta confiança.

Aos meus filhos Edu, Mel, Bruce e Apolo que, independente dos meus erros, sempre me recebem como se eu fosse o homem mais importante e perfeito do mundo.

A Dona Maria Dias, que com uma pequena experiência de apenas 93 anos de idade, sempre repetia: “mais pera aí rapaz, este colégio (referindo-se a UESC) quer lhe deixar doido; seja sabido e danado que isso um dia acaba”.

A Prof^a. Dr^a. Agna Menezes, uma das grandes responsáveis pela decisão suicida de cursar um Mestrado.

Aos mestrandos Alberto, Bruna, Carlyle, Cássia, Charles, Cilene, Durval, Eline, Rogério e Sândalo, ao Eng^o. Agr^o. MSc. José Wildes, a bolsista de Iniciação Científica Alyne e ao operário de campo Manuel, pelas contribuições.

A *Sir* Alexandre Schiavetti pela coragem de ser meu primeiro orientador e ainda pela confiança de me recomendar ao Prof. Marcelo Mielke, que até então não me conhecia.

A Polícia Civil da Bahia que, como se não bastasse apoiar minha graduação, me permitiu, ainda, cursar o mestrado.

Aos amigos e colegas pelo incentivo nos momentos difíceis.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

CRESCIMENTO INICIAL DE TRÊS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS, CULTIVADAS EM CONDIÇÕES DE SOMBREAMENTO ARTIFICIAL, PLENO SOL E 'CABRUCÁ'

RESUMO

Foi realizado um estudo com plantas jovens de *Caesalpinia echinata* (pau-brasil), *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa) e *Genipa americana* (jenipapo) visando avaliar o crescimento destas três espécies arbóreas em diferentes ambientes de disponibilidade de radiação luminosa (sombra natural e artificial). As plantas foram submetidas, por 100 dias, à dois níveis de radiação luminosa em condições naturais, ou seja, pleno sol e ambiente de 'Cabruca' (Mata Atlântica raleada para o cultivo do cacauzeiro), e quatro níveis de disponibilidade de radiação luminosa em casa de vegetação (0, 25, 50, 75%; T1, T2, T3 e T4, respectivamente). Foram realizadas avaliações da biomassa seca de folhas, caules, raízes e total, da área foliar e do número de folhas, no início e final dos experimentos. O diâmetro do coleto foi medido a cada 15 dias ao longo dos experimentos. Ao final dos experimentos foram calculadas a área foliar individual, a massa foliar específica, as razões de massa de raízes, de caules e de folhas e a taxa de crescimento relativo. Para as três espécies analisadas e nos dois experimentos ocorreu um acúmulo na biomassa de raízes, caules, folhas e total proporcional ao aumento da disponibilidade de radiação luminosa. Em sombra natural, as maiores diferenças percentuais entre os tratamentos para as taxas de crescimento relativo foram observadas para *C. echinata*, seguido de *C. legalis* e de *G. americana* (83, 71 e 42%, respectivamente). No experimento de sombra artificial, as diferenças percentuais nas taxas de crescimento relativo entre T1 e T4 foram de 57, 42, 27%, para *C. echinata*, *C. legalis* e *G. americana*, respectivamente. Com relação à massa foliar específica, as maiores diferenças percentuais entre os tratamentos foram observadas para *G. americana*, seguido de *C. legalis* e *C. echinata*; as quais foram na ordem de 57, 44 e 25%, respectivamente, quando foram comparados os tratamentos pleno sol e 'Cabruca' (sombreamento natural), e 44, 24 e 14%, quando foram comparados os tratamentos T1 e T4 (sombreamento artificial). Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que: a) para as três espécies analisadas e nos dois experimentos realizados, o tratamento pleno sol promoveu o maior incremento em diâmetro e maior acúmulo de biomassa; b) dentre todas as condições de sombreamento analisadas, as plantas crescendo na 'Cabruca' apresentaram menor crescimento avaliado por meio da massa seca de raízes, caules, folhas e total, do diâmetro e da taxa de crescimento relativo; e c) dentre as espécies analisadas, *G. americana* foi a que apresentou a maior plasticidade fenotípica com relação à adaptação em ambientes de sol e sombra.

Palavras-chave: *Caesalpinia echinata*, *Cariniana legalis*, *Genipa americana*, análise do crescimento, radiação luminosa.

INITIAL GROWTH OF THREE NATIVE TREE SPECIES, CULTIVATED UNDER ARTIFICIAL SHADE, FULL SUN AND 'CABRUCA'

ABSTRACT

This study was conducted using young *Caesalpinia echinata* (pau-brasil), *Cariniana legalis* (jequitibá) and *Genipa americana* (jenipapo) plants to analyze the growth of these tree species under different solar radiation conditions (natural and artificial shade). The plants were submitted to two light levels under natural conditions, full sun and 'Cabruca' (Atlantic Rainforest after thinning to cultivate cocoa) environments and four solar radiation levels under greenhouse conditions (0, 25, 50 and 75%; T1, T2, T3 and T4, respectively) for 100 days. The leaf, stem, root and total dry mass, leaf area and leaf number were evaluated at the beginning and end of the experiments. Stem diameter was measured at 15 day intervals during the two experiments. At the end of the experiments, the individual leaf area, leaf mass per area, root mass ratio, stem mass ratio, leaf mass ratio and the relative growth rate were calculated. For the three species and in the two experiments, root, stem, leaf and total biomass increments were proportional to the increase in light availability. In the natural shade, the greatest differences between relative growth rates in the treatments were observed for *C. echinata*, followed by *C. legalis* and *G. americana* (83, 71 e 42%, respectively). In artificial shade, the differences in the relative growth rates between T1 and T4 were 57, 42, 27%, for *C. echinata*, *C. legalis* and *G. americana*, respectively. In relation to the leaf mass per area, the greatest differences between treatments were observed for *G. americana*, followed by *C. legalis* and *C. echinata*; which were 57, 44 e 25%, respectively, when full sun and cabruca treatments were compared (natural shade), and 44, 24 e 14%, when treatments T1 and T4 were compared (artificial shade). Based on the results it was possible to concluded that: a) for the tree species, the full sun treatment promoted the highest diameter increments and biomass accumulation compared to natural or artificial shade; b) the plants growing in the 'Cabruca' (under the shade of cocoa plants) showed the lowest growth rate between the shade conditions, based on the roots, stems, leaves and total biomass, collar diameter and relative growth rate; and c) between the species analyzed, *G. americana* presented the highest phenotypic plasticity in relation to sun and shade environments.

Key-words: *Caesalpinia echinata*, *Cariniana legalis*, *Genipa americana*, growth analysis, solar radiation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Visão parcial das parcelas montadas à pleno sol (T1, a) e na 'Cabruca' (T2, b). 27
- Figura 2 - Visão parcial das estruturas montadas no interior da casa de vegetação. 30
- Figura 3 - Variações diurnas na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante os dias 23/09 (A) e 01/10/05 (B) nos tratamentos 0%, 25%, 50% e 75% de atenuação da radiação incidente no interior da casa de vegetação e durante os dias 26/10 (C) e 25/10/05 (D) nos tratamentos pleno sol (PS), 0% de atenuação da radiação incidente dentro da casa de vegetação e sob a sombra de cacauzeiros numa 'Cabruca' (CB). Em C e D foram utilizados os sensores de radiação S-LIA-M003 (Onset, USA) em PS e 0%, e um sensor quântico BQM-SUN (Apogee, USA) para CB e 0%. 33
- Figura 4 - Valores médios (\pm ep) do diâmetro do coleto para plantas de *C. echinata* (A), *C. legalis* (B) e *G. americana* (C), após 100 dias crescendo em diferentes condições ambientes de atenuação da radiação (PS - Pleno Sol e CB - 'Cabruca'). (*) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,05$; teste-t) e (**) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,01$; teste-t). (n = 9). 36
- Figura 5 - Valores médios (\pm ep) do diâmetro do coleto para plantas de *C. echinata* (A), *C. legalis* (B) e *G. americana* (C), após 100 dias crescendo em diferentes condições de atenuação da radiação incidente no interior da casa de vegetação: T1 - 0%, T2 - 25%, T3 - 50% e T4 - 75%. (*) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T4 ($p \leq 0,05$; teste Tukey) e (**) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,05$; teste Tukey). (n = 9). 43

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores médios \pm erro padrão e máximos (entre parênteses) da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) observada nos diferentes ambientes de cultivo ao longo dos dias 23/09, 01/10, 25/10 e 26/10/05. Na casa de vegeta\u00e7\u00e3o e \u00e0 pleno sol foram utilizados os sensores de radia\u00e7\u00e3o S-LIA-M003 (Onset, USA), enquanto que na 'Cabruca' foi utilizado um sensor qu\u00e2ntico BQM-SUN (Apogee, USA). Para os dias 23/09 e 01/10, n = 46. Para os dias 25/10 e 26/10, na casa de vegeta\u00e7\u00e3o e \u00e0 pleno sol, n = 52; na 'Cabruca', n = 17. 34
- Tabela 2 - Valores médios \pm erro padr\u00e3o, e m\u00ednimos e m\u00e1ximos (entre par\u00eanteses), das rela\u00e7\u00f5es percentuais entre a radia\u00e7\u00e3o fotossinteticamente ativa observada nos diferentes ambientes de cultivo ao longo dos dias 23/09, 01/10, 25/10 e 26/10/05. 35
- Tabela 3 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de ra\u00edzes, de caules, de folhas e total, do di\u00e2metro do coleto, da \u00e1rea foliar total e individual, do n\u00famero de folhas, da massa foliar espec\u00edfica (MFE), da raz\u00e3o de massa de ra\u00edzes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. echinata* ap\u00f3s 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9) 37
- Tabela 4 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de ra\u00edzes, de caules, de folhas e total, do di\u00e2metro do coleto, da \u00e1rea foliar total e individual, do n\u00famero de folhas, da massa foliar espec\u00edfica (MFE), da raz\u00e3o de massa de ra\u00edzes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. legalis* ap\u00f3s 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9) 38
- Tabela 5 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de ra\u00edzes, de caules, de folhas e total, do di\u00e2metro do coleto, da \u00e1rea foliar total e individual, do n\u00famero de folhas, da massa foliar espec\u00edfica (MFE), da raz\u00e3o de massa de ra\u00edzes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *G. americana* ap\u00f3s 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9). 39
- Tabela 6 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de ra\u00edzes, de caules, de folhas e total, do di\u00e2metro do coleto, da \u00e1rea foliar total e individual, do n\u00famero de folhas, da massa foliar espec\u00edfica (MFE), da raz\u00e3o de massa de ra\u00edzes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. echinata*, ap\u00f3s 100 dias crescendo em quatro condi\u00e7\u00f5es de atenua\u00e7\u00e3o da radia\u00e7\u00e3o luminosa incidente na casa de vegeta\u00e7\u00e3o, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9). 44

- Tabela 7 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. legalis*, após 100 dias crescendo em quatro condições de atenuação da radiação luminosa incidente na casa de vegetação, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9). 45
- Tabela 8 - Valores médios (\pm ep) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *G. americana*, após 100 dias crescendo em quatro condições de atenuação da radiação luminosa incidente na casa de vegetação, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9). 46

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 'Cabruca'	4
2.1.1 Histórico	4
2.1.2 Importância econômica e área de abrangência	7
2.1.3 Crise do cacau e novas perspectivas	8
2.2 Seqüestro de Carbono	11
2.2.1 Efeito Estufa	11
2.2.2 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Protocolo de Kyoto	14
2.3 Manejo de Espécies Arbóreas em Áreas de Cabruca	16
2.3.1 Situação atual	16
2.3.2 Assimilação de carbono e tolerância ao sol e sombra	18
2.3.3 Caracterização e aptidão silvicultural das espécies estudadas	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Material Vegetal	25
3.2 Experimento I: Sombreamento Natural	26
3.2.1 Caracterização do Experimento	26

3.2.2	Análise de Crescimento	27
3.2.3	Análise Estatística	28
3.3	Experimento II: Sombreamento Artificial	29
3.3.1	Caracterização do Experimento	29
3.3.2	Análise de Crescimento	30
3.3.3	Análise Estatística	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Caracterização da Radiação	32
4.2	Sombreamento Natural	35
4.3	Sombreamento Artificial	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	48
6	REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

O sul da Bahia, inserido numa das regiões mais representativas da Mata Atlântica da região nordeste do Brasil, tem sua realidade sócio-econômica diretamente ligada à cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.). Da mesma forma que o café e a cana-de-açúcar, a cacauicultura marcou época na economia nacional, sendo uma das principais fontes geradoras de divisas na década de 70. Nessa época, cerca de 90% da produção era destinada à exportação (BASTOS, 1987), já a partir de 1997, o Brasil passou a importar amêndoas (COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DA BAHIA, 2002).

Espécie ombrófila típica de sub-bosque, o cacau foi implantado e vem sendo cultivado a mais de cem anos no sistema agroflorestal conhecido como 'Cabruca', onde o sub-bosque da Mata Atlântica nativa é raleado e as árvores mais altas são preservadas com o objetivo de prover o sombreamento necessário ao seu cultivo (SAMBUICHI, 2002). Na 'Cabruca', os tratamentos culturais necessários ao cultivo do cacau afetam diretamente a dinâmica florestal, impedindo a regeneração da floresta. Tal fato é ainda mais crítico no caso das espécies clímax, que podem não tolerar altos níveis de radiação luminosa na fase inicial do seu crescimento.

Além disso, nos últimos anos a cultura do cacau vem sendo seriamente ameaçada pelos baixos preços do produto no mercado internacional, e principalmente, a partir de 1989, pelo aparecimento da vassoura-de-bruxa, doença causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa*. Esses fatos têm levado muitos produtores a necessidade de diversificação agroeconômica, desmatando, assim, áreas de 'Cabruca' para a implantação de pastagens, cafezais, pomares e outros cultivos agrícolas, ou ainda, simplesmente para extrair e comercializar madeiras nobres (ALGER e CALDAS, 1996). O eixo principal desta questão é que o sistema 'Cabruca' se apresenta como sustentável, já que mantém grande parte da cobertura florestal nativa, no

entanto de funcionamento quase desconhecido, ou seja, os estudos sobre os fluxos de energia para manutenção do sistema ainda permanecem pouco elucidados.

Bastante conhecida no setor florestal brasileiro é a afirmativa de que a sustentabilidade florestal nos trópicos, no contexto produção, pode ser avaliada enfocando os fluxos água e nutrientes, visto que estes são os que mais influenciam a sustentabilidade de um ecossistema (NAMBIAR, 1996), porque, nessas regiões, os demais recursos determinantes da produtividade florestal, radiação solar e CO₂, não são limitantes (BARROS e COMERFORD, 2002).

No entanto, essa afirmativa não pode ser perfeitamente aplicada no sistema 'Cabruca', tendo em vista que a regeneração das espécies se dá em condição de quase ausência de luz. A estrutura das florestas tropicais permite que pequena quantidade de luz chegue ao nível do solo da floresta (CHAZDON e FETCHER, 1984; JANUÁRIO et al. 1992). Em termos quantitativos CLARK et al., 1996 dizem que na floresta fechada, apenas cerca de 0,5 a 2% da luz solar alcança o solo da floresta, tornando o crescimento de muitas plântulas, no seu interior, limitado pela escassez de luz.

Paralelo a isto é conhecido o fato de que as florestas tropicais úmidas apresentam condições ótimas ao crescimento de árvores, superando outros ecossistemas terrestres (ALEGRE et al., 2002). Assim, estudos sobre disponibilidade de luz para espécies arbóreas de clima tropical úmido são de grande importância para compreensão de aspectos relacionados, por exemplo, ao seqüestro e estoque de carbono em áreas de 'Cabruca'.

Na concepção das florestas de usos múltiplos, estudos sobre o potencial de adaptação de espécies a variação na intensidade de luz, bem como sua dependência do gradiente de luz, apresentam-se como oportunos, tendo em vista que a adaptação à quantidade de luz incidente ocorre no sentido de maximizar o ganho total de carbono. Dessa forma, a capacidade de aclimatação a diferentes condições de disponibilidade de radiação deve ser considerada.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de três espécies arbóreas (*C. echinata*, *C. legalis* e *G. americana*) em condições de sombreamento natural (pleno sol e 'Cabruca') e artificial, visando analisar o seu uso em sistemas agroflorestais voltados para o seqüestro de carbono atmosférico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. 'Cabruca'

2.1.1. Histórico

A Mata Atlântica é a pioneira dentre as reservas brasileiras da Biosfera, um instrumento de conservação que objetiva a manutenção da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável e a pesquisa científica; abrange porções importantes do bioma em 14 estados, compreendidos entre o Ceará e o Rio Grande do Sul, incluindo Minas Gerais.

Atualmente reduzida a 7,3% de seu território original e muito fragmentada, a Mata Atlântica possui uma importância social e ambiental imensurável. Para cerca de 80% da população brasileira que vive em seu domínio, ela regula o fluxo dos mananciais hídricos, mantém os fluxos de nutrientes, influencia diretamente no clima e protege encostas das serras e morros, além de preservar um patrimônio histórico e cultural (AGÊNCIA ESTADO, 2000).

O início da destruição da Mata Atlântica data da chegada dos portugueses, no século XVI. A relação do colonizador com a floresta e seus recursos foi, desde sua origem, predatória. Originalmente, a Mata Atlântica ocupava 1.290.000 km², ou seja, cerca de 12% do território brasileiro (ALMEIDA, 2000). Dados do final da década de noventa afirmam que não existe mais de 8% do seu território original, resultado de uma ocupação de efeitos devastadores (CORREIA, 1996). Um atributo diferencial da Mata Atlântica é a sua riqueza em espécies. Estudos desenvolvidos pelo Jardim Botânico de Nova Iorque em convênio com CEPLAC-CEPEC, atestam que a Mata Atlântica apresenta a maior biodiversidade em espécies arbóreas do planeta, 450 espécies arbóreas em um único hectare amostrado (THOMAS e CARVALHO, 1993; CORRÊA, 1996; SILVA e MENDONÇA, 1998).

Apesar da grande biodiversidade, a situação é extremamente grave, pois das 202 espécies animais ameaçadas de extinção no Brasil, 171 são da Mata Atlântica, e ainda, das sete espécies brasileiras consideradas extintas em tempos recentes, todas encontravam-se distribuídas neste bioma (IBAMA, Portaria nº 1522 de 19/12/1989). Um estudo da organização ambientalista “Conservation International” (CI) coloca a Mata Atlântica entre os cinco primeiros na lista dos “*hotspots*”, áreas de alta biodiversidade mais ameaçadas do planeta e prioritárias para ações urgentes de conservação. O motivo é o desmatamento e a conseqüente perda de habitat, acelerado e fora do controle dos órgãos públicos responsáveis.

O sul da Bahia está inserido no “*hotspot*” Mata Atlântica, hoje reduzida a um baixo percentual de ocupação florestal, em razão do desmatamento indiscriminado, com a conseqüente destruição de importantes espécies, tanto da flora como da fauna. A região cacauera, dotada de solos de média a alta fertilidade, em torno de 600.000 ha (área plantada), a princípio, não sofreu tal desmatamento, em razão da implantação da cultura do cacau (*Theobroma cacao* L.) (SILVA e MENDONÇA, 1998).

A cacauicultura no sul da Bahia teve início no século XVIII e evoluiu ao longo dos séculos XIX e XX a ponto de tornar-se o principal sustentáculo da economia baiana e um importante produto na pauta de exportações brasileiras (MASCARENHAS, 2004). Pelo fato de ser uma espécie típica de sub-bosque, o cacauero vem sendo cultivado a mais de cem anos no sistema conhecido como 'Cabruca', onde o sub-bosque de mata nativa é raleado e as árvores mais altas são preservadas, com o objetivo de promover o sombreamento necessário ao cultivo (SAMBUICHI, 2002).

Com o início das plantações de cacau no sul da Bahia, por volta de 1746, a derruba de árvores não foi total, mas uma 'Cabruca' da mata, sob a qual o cacauero fora implantado em razão da sua convivência com a sombra, permanecendo uma cobertura florestal significativa, preservando diversas espécies seculares da Mata Atlântica, tais como: pau d'algo (*Gallesia*

gorazema Moq.), gameleira (*Ficus* spp.), louro (*Nectandra* spp. / *Ocotea* spp.), caobi (*Cássia multijuga* Rich. / *C. verrucosa*), cedro (*Cedrela glasiovii* DC.), vinhático (*Plathymenia foliolosa* Bebth), jequitibá (*Cariniana* spp.), sapucaia (*Lecythis* spp.), embiruçu (*Bombax macrofilum* K. Schum), putumuju gigante (*Centrolobium robustum*), viola (*Piptadenia* spp), maçaranduba (*Didymopanax morototoni* Decne Planch), gindiba (*Sloania obtusifolia* Schum), entre outras (SILVA e MENDONÇA, 1998).

A Bahia mantém um conjunto de remanescentes florestais bastante significativo. Dentro do estado, o sul abriga os principais remanescentes do Nordeste brasileiro, fazendo parte, assim, de uma das regiões mais importantes do planeta para a conservação das florestas tropicais úmidas. A relevância destes remanescentes está, principalmente, relacionada a sua grande riqueza em espécies da fauna e, em especial, da flora. Baseado nisto, parte da Mata Atlântica baiana foi reconhecida pela UNESCO como Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade, aumentando, desta forma, as possibilidades de apoio para as iniciativas de conservação e desenvolvimento sustentável (ALMEIDA, 2000).

A 'Cabruca' inicialmente preservou, para o plantio do cacau, um quantitativo em torno de 270 árvores/ha de cacauzeiros implantados. Posteriormente, novos raleamentos, com o fim de retirar o excesso de sombra, para aumentar a produtividade das plantações, baixaram esse índice para 76 árvores/ha. Mais recentemente, diminuiu-se ainda mais para 31 árvores/ha, o que considerando 600.000ha de cacauzeiros implantados, significam 18,6 milhões de árvores, isto incluindo espécies implantadas no sistema de derruba total (SILVA e MENDONÇA, 1998).

2.1.2. Importância econômica e área de abrangência

Como o café e a cana-de-açúcar, a cacauicultura marcou época na economia nacional, sendo uma das principais fontes geradoras de divisas na década de 70. Nessa época, cerca de 90% da produção era destinada à exportação (BASTOS, 1987). Ainda na década de 70 a Bahia era responsável por 80% da produção nacional. Nos anos 80 chegou a ser o segundo maior produtor mundial de amêndoas, produzindo aproximadamente 400.000 t, mas, de acordo com dados recentes entre 1995 e 1997, chegou a 105.000 toneladas e a partir do ano 2000, já com uma reação promovida pela enxertia/clonagem, a produção gira em torno das 210.000 t (FAO, 2002). Assim, a partir de 1997, o Brasil passou a importar amêndoas (COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DA BAHIA, 2002).

O Brasil é hoje o oitavo produtor mundial de cacau e possui o quinto maior parque industrial chocolateiro do mundo. A cadeia produtiva do cacau envolve, atualmente, investimentos da ordem de 2 bilhões de reais, sendo 1,7 bilhão no setor primário (LEAL, 2004).

A região cacauceira do sul da Bahia ocupa uma área plantada correspondente a 600 mil ha distribuídos em pouco mais de 30 mil propriedades rurais. No Brasil, sua cadeia produtiva envolvia investimentos da ordem de 2,3 bilhões de reais; e era responsável por cerca de três milhões de empregos dos quais, mais de 300 mil diretos (SOUZA e DIAS, 2001). Após a crise da cacauicultura na Bahia, a lavoura cacauceira emprega de forma direta, cerca de 150 mil trabalhadores, dos 400 mil que existiam décadas atrás (PINAZZA e ALIMANDRO, 2001). Além de impactos econômicos resultantes da crise e, portanto, da menor produção de cacau, várias outras mudanças ocorreram na região produtora da Bahia, como, o alto índice de desemprego, a venda de propriedades rurais, o uso inadequado do solo, o novo ciclo de desmatamento, os danos ao meio ambiente, entre outros (TREVIZAN, 1996).

2.1.3. Crise do cacau e novas perspectivas

O desenvolvimento sustentável de uma região está, entre outros fatores, intimamente ligado a capacidade de reter e reinvestir os excedentes econômicos, bem como a um processo permanente de conservação e preservação do seu ecossistema.

A economia cacauceira do sul da Bahia não foi capaz de dinamizar outros setores e atividades e, com isso, promover o desenvolvimento econômico da região em bases sustentáveis. Esse equívoco, comum aos monocultivos, tornou a região vulnerável a flutuações econômicas decorrentes de fatores endógenos e exógenos. Endogenamente: as adversidades climáticas, as doenças e pragas, o uso do solo, entre outras, e exogenamente: as flutuações de demanda e oferta, os preços, as barreiras comerciais, as imperfeições de mercado e as políticas macroeconômicas desfavoráveis (MASCARENHAS, 2004).

A cacauicultura baiana, e com ela toda região sul, tem enfrentado diversas crises. Nos últimos anos, a cultura vem sofrendo significativamente com fatores climáticos adversos; ataque da doença denominada “Vassoura-de-Bruxa”, causada pelo fungo *Crinipellis perniciosa*; e com baixos preços do produto no mercado internacional (MASCARENHAS, 2004). Isso, por sua vez resulta em uma séria ameaça ambiental e social, a partir de conseqüente pressão pela introdução de novos cultivos, seja em áreas de florestas ou em substituição às 'Cabruças' (BLANES et al., 2004). Com isto, produtores endividados e extremamente desestimulados, iniciaram um novo ciclo de desmatamento nas áreas produtoras de cacau.

Motivados pela necessidade coletiva de diversificar agroecologicamente a região, sem respeitar a legislação ambiental, produtores partiram para uma substituição das áreas de cacau 'Cabruca' por cultivos de café (*Coffea canephora*); coco (*Cocos nucifera* L.); banana (*Musa* spp.); pupunha (*Bactris gasipaes*); fruteiras diversas e principalmente pastagens.

Atualmente, em função da crise e da diversificação citados, a cacauicultura baiana está reduzida a uma área de 300.000 ha, e o cacau 'Cabruca' a 200.000 ha.

Na região cacauzeira baiana a ameaça à biodiversidade está ligada diretamente à falta de alternativas econômicas e ambientais viáveis voltadas para ao produtor, o qual, ao longo do tempo, perdeu seu referencial cultural e absorveu os conceitos e tecnologias adotados pela agricultura convencional (UZÊDA, 2004).

Atualmente, clones de cacau tolerantes a doença vassoura-de-bruxa estão sendo recomendados pelo Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) aos cacauicultores baianos, objetivando não só o controle da doença, mas a formação de novas lavouras mais produtivas e com maior uniformidade (ROSA, 1998).

Paralelo a isto, e como uma forma concreta de não só preservar o sistema agroflorestal cacau (SAF-cacau) remanescente, mas também de recuperar áreas exploradas indiscriminadamente, é justo que aproveitemos o momento atual, que é de “esverdeamento” dos mercados, buscando novas formas de sistemas baseadas na diferenciação ambiental de produtos e principalmente de serviços. Com isto emergem novas oportunidades para os sistemas produtivos agrícolas: a produção ou oferta de serviços ambientais.

Luna (2002), relatou que os serviços ambientais são os resultados benéficos das funções dos ecossistemas que beneficiam o ser humano e a biosfera. Exemplos típicos de serviços ambientais derivados de florestas e de SAFs (sistemas agroflorestais) são entre outros: equilíbrio climático; manutenção ou retorno da fauna e flora; fixação do homem em seu local nativo; controle de erosão de solo e nutrientes; manutenção, recuperação e conservação de recursos hídricos; manutenção da cadeia alimentar; maiores e mais agradáveis paisagens, bem como, abundantes opções de recreação; redução da vulnerabilidade de áreas protegidas; manutenção da biodiversidade; e estoques/fixação de carbono.

Silva et al. (2001) afirmaram que apesar de todos os serviços/benefícios oferecidos por sistemas florestais nativos ou agrossistemas, atualmente, o interesse mundial está direcionado a estoque/fixação de carbono, tendo em vista tanto os aspectos econômicos quanto sociais e ambientais relacionados a isto. No entanto, sabe-se que os estudos são ainda muito incipientes, principalmente em florestas nativas ou sistemas florestais diversificados (SAF's), que, ao contrário de florestas plantadas, apresentam uma estrutura mais complexa e não permite o uso de técnicas destrutivas (derruba das árvores) para medições ou quantificação.

O cacau, pela sua importância histórica, econômica e por sua relevância no processo de conservação da Mata Atlântica do sul da Bahia, por meio do sistema 'Cabruca', se comporta muito bem dentro deste cenário (BLANES et al., 2004), sendo promissor e com pré-requisitos necessários para entrar neste mercado. Neste contexto, que surge uma oportunidade concreta de se diversificar a região, mas, desta vez, com serviços ambientais, ou seja, o cacau pode deixar de ser um monocultivo recebendo um incremento ecológico. Para entrar no mercado de carbono, comercializar créditos e, com isso, aumentar significativamente a viabilidade econômica da cultura, é necessária a inclusão do cacau 'Cabruca' em um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o que, por sua vez, requer o atendimento a determinados critérios de elegibilidade.

O cultivo do cacau em 'Cabruca' atende a todos esses critérios, dentre os quais: conservação de solo e recursos hídricos, manutenção da biodiversidade, corredor ecológico, turismo ecológico, estoque/fixação de carbono, e outros. Além disso, numa abordagem sustentável, pode-se aplicar à 'Cabruca', a conceituação de florestas de usos múltiplos. De modo geral, a sustentabilidade florestal pode ser definida como capacidade da exploração florestal existir de forma permanente numa determinada região, propiciando bens e serviços em bases economicamente viáveis, ecologicamente saudáveis e socialmente justas (STAPE, 1999).

Existe, porém, a defesa de que a manutenção da produtividade (biomassa) florestal é uma conceituação mais objetiva da sustentabilidade florestal, vez que a produtividade será garantida desde que os fatores determinantes do crescimento (radiação, água, nutrientes, temperatura e gás carbônico) e os processos (fluxos) a eles relacionados não sejam negativamente afetados por eventos naturais ou antrópicos. Neste conceito, a sustentabilidade deixa de ser um atributo subjetivo para ter um considerável grau de objetividade (BARROS e COMEFORD, 2002).

A tendência atual, para florestas plantadas, é que parte dessas plantações seja utilizada segundo o conceito de florestas de multiprodutos, onde de um mesmo fuste de uma árvore consegue-se extrair madeira para laminação, serraria, fabricação de papel e celulose, e, ainda, o aproveitamento dos resíduos da madeira para fabricação de chapas de fibras e geração de energia, entre outros produtos. Para 'Cabruca', sistema diversificado, esse paralelo pode ser aplicado tendo em vista os diferentes produtos que dela podem ser obtidos como madeira e frutas.

2.2. Seqüestro de Carbono

2.2.1. Efeito Estufa

O aquecimento da atmosfera terrestre é um fenômeno natural, resultante da interação dos processos naturais de entrada de radiação eletromagnética entre o sol (fonte geradora de radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta, dentre outras) e a emissão de radiação térmica do planeta terra (corpo receptor, dissipador e refletor da energia recebida da fonte geradora). A intensificação das atividades antrópicas, a partir da revolução industrial, proporcionou o aumento da emissão de determinados gases para a atmosfera, que interagem

em nível molecular com a radiação térmica emitida para a Terra. A este fenômeno foi dado o nome de aquecimento global. Mais tarde, devido a similaridade do processo que acontece com a atmosfera do planeta Terra e das estufas construídas pelo homem no cultivo de plantas e alimentos, este fenômeno foi chamado de efeito estufa, embora os processos físicos não sejam exatamente iguais nos dois casos (SANTOS, 2000).

Mudanças climáticas são processos naturais, consideradas as escalas de tempo de milhares de anos de eras geológicas. Entretanto, a velocidade e a intensidade com que estão ocorrendo mudanças no sistema climático da Terra, a partir da Revolução Industrial, é que tem sido objeto de preocupação de cientistas e líderes mundiais, principalmente nas duas últimas décadas.

A atmosfera é composta principalmente de oxigênio (21%) e nitrogênio (78%). Os principais gases de efeito estufa (GEEs) são o dióxido de carbono (CO_2), produzido pela decomposição orgânica e queima de combustíveis fósseis; o metano (CH_4), produzido pela decomposição anaeróbica; o óxido nitroso (N_2O), produzido pelo uso de fertilizantes nitrogenados e pela combustão; os clorofluorcarbonetos (CFCs), produzidos por atividades industriais e domésticas e o vapor d'água, que é o mais volumoso GEE, aumentado com a elevação da temperatura (CHANG, 2004).

A atmosfera é uma barreira seletiva às radiações, permitindo que a luz solar chegue à superfície terrestre, mas bloqueando a radiação do calor e impedindo seu retorno ao espaço. Em função deste fato, a temperatura média da superfície do planeta mantém-se em torno de 15°C . Sem o fenômeno, a temperatura média da Terra seria de -18°C , aumentando assim a temperatura em 33°C (RIBEIRO e JACOVINE, 2001). Por isto, o efeito estufa, é perfeitamente benéfico ao nosso planeta, já que cria condições fundamentais a existência de vida. Contudo, já se sabe que atividades antrópicas estão aumentando significativamente a emissão dos GEEs e obviamente intensificando este fenômeno natural.

Segundo Peixoto et al. (2001) e Chang (2004), o dióxido de carbono é o principal agente do aquecimento global e sua emissão se dá, principalmente, devido à queima de biomassas (florestas e pastos) e ao uso de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural). A sua liberação foi acelerada durante a Revolução Industrial e atualmente a concentração na atmosfera vem crescendo à taxa de 0,4% ao ano.

Dados sobre uma série de indicadores ambientais têm demonstrado que, em linhas gerais, há uma alta correlação entre o aumento das concentrações de gases de efeito estufa e a temperatura média junto à superfície da Terra, com impactos em escala global já detectados pelos cientistas (SANTOS, 2000).

Já são concretas as modificações causadas no ambiente pelo agravamento do efeito estufa. Recentemente, houve uma aceleração tão grande nessas mudanças que a temperatura média atual é meio grau superior à de 1860 (aumento muito grande para um período de apenas 140 anos). Já a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que, se a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa não diminuir, a temperatura média da Terra irá subir de 1,4 a 5,8 °C entre 1990 e 2100 (PEIXOTO et al., 2001).

Buscando discutir formas de reduzir concentrações dos “GEEs”, a comunidade internacional vem se mobilizando em convenções. Desde 1979, durante a Primeira Conferência Mundial Sobre o Clima, as mudanças climáticas foram reconhecidas como um sério problema global. A partir daí, a ONU vem realizando várias conferências, como o Painel Intergovernamental Sobre Alterações Climáticas (IPCC, 1988), a Segunda Conferência Mundial Sobre o Clima (1990), a Rio-92 (1992), a de Kyoto, Japão, em 1997 (COP 3), a de Haia, Holanda, em 2000 (COP 6), e a de Marrakesh, Marrocos, em 2001 (COP 7), que aprovaram o seqüestro florestal de carbono como modalidade de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (VALVERDE et al., 2001). A 8ª Conferência das Partes (COP 8) foi realizada em 2002 em Nova Déli e a COP 9 em 2003 na Itália (ROCHA, 2004).

O Seqüestro Florestal do Carbono refere-se à mitigação biológica, ou seja, à forma natural de seqüestrar o CO₂ pelos vegetais por meio da fotossíntese (SOARES e OLIVEIRA, 2002; CHANG, 2004), considerado o principal processo natural que se contrapõe ao efeito estufa, estabelecendo, assim, um equilíbrio dinâmico. A luz solar é fonte de toda a energia essencial para manutenção das diversas formas de vida de nosso planeta. Por meio da fotossíntese, processo que ocorre nos cloroplastos e que resulta na liberação de O₂ e na captura de CO₂ atmosférico, as plantas convertem energia solar em energia química potencial, resultando em biomassa vegetal (fitomassa) que é utilizada como alimento, matéria-prima para indústria e energia fóssil. Segundo Martinez (2001), a fitomassa representa aproximadamente 99% de toda a massa viva sobre a Terra, e constitui uma fonte imensurável, constante e renovável de biomassa e, portanto, de bioenergia.

2.2.2. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e Protocolo de Kyoto

O mundo, diante dos fatos que indicam prejuízos significativos em razão do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, tem procurado agir no sentido de conscientizar seus líderes sobre a importância de estabelecer ações que visam a sua redução. Como resultado desta conscientização, destaca-se a elaboração do protocolo de Kyoto, em 1997, por meio do qual definiu-se que no período de 2008 a 2012 os países altamente industrializados deveriam reduzir suas emissões de “GEEs”, dentre eles o CO₂, em pelo menos 5% sobre os valores registrados em 1990. Considerando as dificuldades econômicas impostas pela redução das emissões ao nível exigido, foram propostos mecanismos para minimizar os impactos desse controle ambiental sobre a economia desses países (REIS et al., 2001; ROCHA, 2004).

No Protocolo de Kyoto foram estabelecidos mecanismos de flexibilização, entre eles o MDL – Artigo 12 do Protocolo. A proposta do MDL consiste em que cada tonelada de CO₂

equivalente (resultado da multiplicação das toneladas emitidas pelo seu potencial de aquecimento global) deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento poderá ser negociada no mercado mundial, criando um novo atrativo para redução das emissões globais. Os países do anexo I (industrializados) estabelecerão em seus territórios metas para redução de CO₂ junto aos principais emissores. As empresas que não conseguirem ou não desejarem reduzir suas emissões poderão comprar Reduções Certificadas de Emissões (RCE) em países em desenvolvimento e usá-los para cumprir suas obrigações, embora o uso desse mecanismo esteja limitado apenas a uma parcela de seus compromissos de redução. Os países em desenvolvimento, por sua vez, deverão utilizar o MDL para promover seu desenvolvimento sustentável (ROCHA, 2004).

Os teores de CO₂ na atmosfera devem ser reduzidos, em primeiro lugar, pelo controle na fonte, diminuindo-se, por exemplo, o desmatamento e o uso de queimadas e substituindo, pelo menos parcialmente, a queima de combustíveis fósseis. Em segundo lugar, porém, não menos importante, pela remoção de CO₂ existente na atmosfera pelo processo de fotossíntese. As florestas, nativas ou plantadas, desempenham papel importante neste seqüestro de carbono, uma vez que detêm elevada capacidade de armazenar carbono por unidade de área (REIS et al., 2001; SOARES e OLIVEIRA, 2002).

O Protocolo de Kyoto prevê a formação de um mercado internacional em que o seqüestro de carbono, promovido pelo crescimento de florestas, pode ser transformado em títulos negociáveis entre governos e empresas dos países signatários, entre os quais está o Brasil (FONSECA e DRUMMOND, 2003).

Silva et al. (2001), relataram que o Brasil apresenta as melhores condições físicas e naturais para atender aos preceitos do MDL, em razão de suas potencialidades florestais, como elevada extensão de terras, mão-de-obra abundante, clima favorável, tecnologia silvicultural avançada e uma administração agroflorestal competente. Anteriormente, Alvim

(1988) citou que regiões de clima tropical úmido são em termos biológicos, as mais produtivas do mundo, produtividade esta que se manifesta tanto pela quantidade de biomassa produzida, como também pela biodiversidade da flora e da fauna.

2.3. Manejo de Espécies Arbóreas em Áreas de 'Cabruca'

2.3.1. Situação atual

De todas as ações para tentar conter o dano ambiental promovido pela agricultura em regiões de florestas tropicais úmidas, e com ela o desmatamento, os SAFs têm sido os mais indicados para ocupar áreas alteradas, reproduzindo, em parte, a cobertura florestal (ALVIM, 1991). A estrutura desses agroecossistemas oferece condições de controlar a erosão, melhorar a estrutura do solo, equilibrar a atividade dos microrganismos, fazer retornar a fauna e, sobretudo, dar ao produtor o retorno financeiro capaz de melhorar a qualidade de vida de sua família.

Pesquisas realizadas pela CEPLAC mostraram que o excesso de sombreamento predominante nas 'Cabruças' compromete a produtividade da lavoura, assim, uma das principais recomendações dos técnicos foi à redução deste excesso, o que significava para Johns (1999), uma eliminação de aproximadamente 25,8 milhões de árvores nativas na região. Para Sambuichi (2003), a diminuição foi muito menor que a recomendada. Porém, este fato não se deu por uma ação ambientalmente correta por parte dos agricultores, mas sim pelo fato de que o cacaueteiro mais exposto à radiação solar exige uma maior demanda de insumos e tratamentos culturais, o que aumentaria significativamente o custo de produção das amêndoas.

Com tão poucas áreas de florestas remanescentes na região, é hoje muito grave a situação das espécies nativas endêmicas, que se encontram seriamente ameaçadas de extinção.

Dessa forma, é urgente a necessidade de modelos mais sustentáveis, para que não se repitam os erros do passado (SAMBUICHI, 2003).

A literatura é vasta em afirmar que os sistemas agroflorestais são as estruturas ambientais mais adequadas para promover as atividades agrícolas nos trópicos úmidos (SMITH, 1998; REIS et al., 2001; ALEGRE et al., 2002; LEÃO, 2002), estes cientistas reconhecem, ainda, que a implantação de sistemas produtivos arbóreos é uma das maneiras mais viáveis para absorver e seqüestrar carbono.

É importante a implantação de sistemas agrícolas que aliem produtividade e conservação, servindo às espécies nativas como área complementar e de apoio às reservas existentes (PIMENTEL et al. 1992; SAMBUICHI, 2003). Comprovadamente com este perfil são os cultivos que utilizam o sombreamento natural da floresta (PERFECTO et al., 1996; MOGUEL e TOLEDO, 1996; RICE e GREENBERG, 2000; SAMBUICHI, 2003).

O importante é associar em um mesmo agroecossistema a oportunidade de se recuperar o ambiente, conservando ou melhorando as características edáficas, produzir sementes, frutos, madeira, entre outros, assegurando ao produtor um retorno financeiro satisfatório, capaz de equilibrar o orçamento familiar (NAIR, 1990).

As 'Cabruças' apresentam alta porcentagem de espécies nativas de florestas primárias (85,7% do total), o que atesta a importância dessas áreas para conservação de espécies arbóreas na região. Porém, o processo de reposição de árvores, necessário a atual situação das 'Cabruças', não está garantindo a conservação futura deste sistema, pois constatou-se uma dominância de espécies exóticas e baixo estabelecimento de novos indivíduos de espécie primária nas áreas em geral (SAMBUICHI, 2002; 2003).

Uma das regras para suavizar a pressão do desmatamento é intensificar o uso do solo em áreas já desmatadas. Para que isto aconteça é necessário, entretanto, que os SAFs sejam bem planejados, observando-se os aspectos de interação existente entre as espécies de

compatibilidade, a utilização de espécies de crescimento rápido, a médio e longo prazo, e abreviar ao máximo o retorno financeiro do sistema ao produtor, visando estimulá-lo a prosseguir com o projeto (FALESI e GALEÃO, 2002).

Para Alvim e Pereira (1965) e Sambuichi (2003), existem ainda poucos estudos sobre a vegetação arbórea utilizada para sombrear o cacau nas 'Cabruças'. Fato que aponta a urgência de estudos que contribuam para a recomposição e o enriquecimento desse sistema agroflorestal.

Silva e Mendonça (1998), afirmaram que a condição de plantio do cacau em sub-bosque, em que há um sombreamento permanente, controlador do ambiente e, a própria floresta nativa aliada à formação de uma cobertura morta, “mulch”, no terreno pelas folhas que senescem, não só protege o solo do impacto erosivo das gotas de chuva, como proporciona um acúmulo de húmus, melhorando as condições físico-hídricas do terreno, bem como este compartimento é responsável por manter um estoque de nutrientes no sistema (SOUZA JR., 1997). Portanto a manta/serapilheira desempenha o papel de mediador das trocas de nutrientes e matéria orgânica entre a vegetação e solo (CLEVELARIO JR., 1996). Além disso, Bohlman et al. (1995) diz que a serapilheira acumulada sobre o solo, especialmente o material mais decomposto, também atua como uma superfície de troca iônica, adsorvendo os nutrientes da chuva que atravessou o dossel da mata, minimizando, com isso, as perdas por lixiviação. Por tudo que foi relatado, os prejuízos ambientais com a degradação das áreas de 'Cabruca' são imensuráveis.

2.3.2. Assimilação de carbono e tolerância ao sol e a sombra

Estudos evidenciam a plasticidade fisiológica de espécies em relação à radiação fotossinteticamente ativa disponível, por meio de avaliações de crescimento inicial em relação

a diferentes condições de disponibilidade de radiação luminosa (ALMEIDA et al., 2005b). O grau de plasticidade em relação à variação luminosa de cada espécie, tem um importante papel na sobrevivência de plantas em ambientes heterogêneos e variáveis, como o das florestas tropicais, e pode explicar diferenças na distribuição ecológica e geográfica das espécies (PETIT et al., 1996; DUZ et al., 2004).

A assimilação líquida de carbono em folhas responde de forma preditiva às variações na densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos, ou seja, à densidade de fótons entre 400 e 700 nm (NOBEL, 1991). O crescimento e a adaptação de espécies arbóreas nativas a diferentes condições de ambiente relacionam-se a sua eficiência fotossintética que, está associada, entre outros fatores, aos teores de clorofila foliar (ALMEIDA et al., 2004). A disponibilidade de luz altera o crescimento vegetativo ao exercer efeitos diretos sobre a fotossíntese, abertura estomática e síntese de clorofila (FELFILI et al., 1999).

Illenseer e Paulilo (2002) estudando o crescimento e a eficiência na utilização de nutrientes para a espécie *Euterpe edulis* Mart, verificou que o nível de irradiância afetou o crescimento das plantas, sendo que plantas sob menor irradiância apresentaram menor crescimento e mesmo aumentando o suprimento de nutrientes, as plantas ainda apresentaram maior biomassa sob maior irradiância.

A eficiência das plantas em aproveitar energia solar para o seu crescimento e produção varia muito segundo as características genéticas da espécie, sua adaptabilidade às condições do ambiente, e é naturalmente muito afetada pelas práticas de manejo utilizadas em seu cultivo. Estes fatores regulam o crescimento da superfície fotossintetizante da planta, ou sua área foliar total, e esse é, em realidade, o parâmetro que mais se relaciona com a capacidade de aproveitamento de energia solar dos cultivos (ALVIM, 1980).

Características morfológicas, anatômicas e fisiológicas diferenciam a capacidade de adaptação das diferentes espécies vegetais à condições de sombra ou pleno sol. Folhas de

sombra são em geral menos espessas, apresentam menor massa foliar por unidade de área, menor relação entre clorofilas a/b, menor relação entre parênquimas paliçádico e lacunoso, entre outras (BAZZAZ e PICKETT, 1980; GIVINISH, 1988; LARCHER, 1995; LÜTTIGE, 1995). Tais características podem variar dentro de uma mesma espécie, ou entre espécies e grupos ecológicos, e estão diretamente relacionadas com a capacidade de sobrevivência e de crescimento em ambientes de clareiras ou de matas fechadas (KITAJIMA, 1994; BARKER et al., 1997).

A luz é, talvez, o fator mais importante no controle do desenvolvimento de plântulas de espécies arbóreas em florestas tropicais úmidas, e cada espécie tem sua exigência própria (POGGIANI et al., 1992; LEE et al., 1997; PORTELA et al., 2001; FANTI e PEREZ, 2003; DUZ et al., 2004).

O conhecimento da potencialidade de uso, fisiologia, manejo e produção pode contribuir tanto para a manutenção das florestas quanto para sua recomposição, aproximando-se ao máximo da vegetação original (ALMEIDA et al., 2005a). A escolha de espécies para recuperação, recomposição e enriquecimento de ambientes degradados ou alterados pode ser baseada no potencial de aclimatação das espécies a diferentes condições de disponibilidade de radiação luminosa (FANTI e PEREZ, 2003; ALMEIDA et al., 2005b).

Estudos relacionados a recuperação de áreas degradadas utilizam diferentes metodologias silviculturais, bem como, diferentes espécies florestais, as quais são selecionadas segundo características ambientais em que vivem (SCALON et al., 2006).

Condições de disponibilidade de radiação luminosa para plântulas, ao nível do solo em florestas, são absolutamente variáveis, já em clareiras abertas pela retirada ou simplesmente pela queda de árvores, a quantidade de luz pode ser bem próxima da incidente no dossel (LEE et al., 1997; DUZ et al., 2004).

O desenvolvimento das plantas pode exteriorizar a capacidade de adaptação das espécies às condições de radiação luminosa do ambiente em que estão se desenvolvendo (ALMEIDA et al., 2005b). A adaptação de plantas a diferentes condições de disponibilidade de radiação luminosa ocorre no sentido de maximizar o ganho total de carbono (OSUNKOYA et al. 1994; DUZ et al., 2004) e é variável de espécie para espécie podendo depender do gradiente de luz que as espécies recebem (POORTER, 1999; DUZ et al., 2004) ou, ainda, do seu estágio sucessional. A resposta da planta em relação à disponibilidade de radiação luminosa pode ser avaliada por meio da análise de características como altura, biomassa seca, razão raiz parte aérea e diâmetro do coleto (FELFILI et al., 1999).

O plantio de espécies arbóreas nativas seja com finalidade econômica ou conservacionista, requer uma série de cuidados que dependem do conhecimento prévio de suas características fisiológicas e exigências ecológicas nas diversas etapas de seu ciclo vital. O estudo do crescimento e do desenvolvimento de uma determinada espécie, em diferentes condições ambientais, aponta as melhores condições para se cultivar determinada espécie (ALMEIDA et al., 2004).

Parte das espécies vegetais tem a capacidade de se desenvolver em diferentes condições de radiação luminosa, por possuírem mecanismos fotossintéticos melhor adaptados a respectivas condições. Como por exemplo, no sub-bosque das florestas enquanto outras só conseguem desenvolver-se em locais com alta intensidade de radiação luminosa como acontece em grandes clareiras. As espécies que toleram a sombra são classificadas como tolerantes e as intolerantes ou heliófilas se desenvolvem melhor em plenas condições de radiação luminosa (POGGIANI et al., 1992; PORTELA et al., 2001; FANTI e PEREZ, 2003).

Existem várias terminologias para classificação de espécies em suas respectivas classes sucessionais. Baseando-se na resposta de crescimento das espécies vegetais à luz o sistema de Swaine e Whitmore (1988) considera duas categorias: as pioneiras

(desenvolvimento em ambiente exigente em luz) e as clímax (desenvolvimento em ambiente sombreado). As espécies clímax podem ser, ainda, mais ou menos exigentes em luz (ALMEIDA et al., 2005b; DUZ et al., 2004).

Tabarelli e Mantovani (1999) amostraram em trecho da floresta Atlântica montana no sudeste do Brasil, todos os indivíduos maiores que um metro de altura em 30 clareiras. Os autores verificaram que entre as 220 espécies arbóreo-arbustivas amostradas, 24% foram pioneiras, sendo 88,7% de ciclo de vida curto e 11,3% de ciclo de vida longo. Além disso, demonstraram que 20 a 73% das variações de ocupação das clareiras por pioneiras relacionam-se com a idade, a área das clareiras, a altura do dossel adjacente e a cobertura de bambu.

2.3.3. Caracterização e aptidão silvicultural das espécies estudadas

Explorada ostensivamente desde o descobrimento do Brasil, *Caesalpinia echinata* está na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. É uma árvore de potencial silvicultural reconhecido, podendo atingir até 30m de altura e 100cm de DAP. É considerada uma espécie clímax e ocupa o estrato médio da floresta. Longeva, atinge cerca de 300 anos de idade e necessita de sombreamento moderado na sua fase juvenil. Apresenta crescimento lento e irregular, brotação após o corte e não são recomendados plantios a pleno sol. Sua madeira é considerada muito pesada com massa específica aparente entre 1,00 a 1,10 g cm⁻³ a 15% de umidade, é muito resistente a fungos e considerada incorruptível. Tem importância econômica relacionada a sua utilização na construção civil, na fabricação de móveis, mourões, dormentes, instrumentos musicais (principalmente arco de violino), tinturaria, paisagismo e reconstituição de ecossistemas degradados (CARVALHO, 1994).

Cariniana legalis também considerada uma espécie em extinção, é uma espécie madeireira promissora e valiosa, de valor econômico comprovado e bom desempenho silvicultural. Considerada de crescimento de moderado a rápido, podendo atingir 60m de altura e 400 cm de DAP. Árvore longeva, podendo ultrapassar 500 anos de idade, de característica secundária tardia, mas não clímax, é encontrada no estrato superior da floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica). Quanto as exigências em radiação luminosa é uma espécie semi-heliófila, tolera sombreamento leve a moderado durante os primeiros anos, podendo ser plantado a pleno sol. Sua madeira de massa específica aparente entre 0,50 a 0,65 g cm⁻³ a 15% de umidade, é utilizada principalmente na construção civil, fabricação de móveis, na medicina, ornamentação, apicultura e reflorestamento ambiental (CARVALHO, 1994).

Genipa americana é uma espécie arbórea, de crescimento moderado, produtora de frutos comestíveis e bom potencial silvicultural, pode atingir 25 m de altura e 90 cm de DAP. Espécie secundária tardia com características de clímax ocorre do México ao estado de São Paulo-Brasil. Tolerando sombreamento leve a moderado quando jovem, possui dominância apical bem definida e pode ser cultivado em plantio misto, associado com espécies pioneiras e em clareiras na floresta secundária, porém, há recomendações de cultivo a pleno sol. Árvore bem aproveitada em sistemas agroflorestais, sua madeira de massa específica aparente entre 0,66 a 0,68 g/cm³ a 15% de umidade, é utilizada na construção naval, construção civil, fabricação de móveis, coronhas de armas, cabos de ferramentas e máquinas agrícolas. Seu fruto tem propriedades medicinais e grande aptidão para culinária. Recomendada também, para ornamentação, arborização, apicultura, recuperação de mata ciliar e reflorestamento ambiental (CARVALHO, 1994).

As espécies estudadas apresentam valor econômico e potencial silvicultural reconhecidos, com madeira de alta densidade, longevas, com grandes aptidões relacionadas a

fixação de carbono atmosférico, isto, se comparadas a outras espécies facilmente encontradas na 'Cabruca'. Algumas como o cedro (*Cedrela fissilis*), que apresenta madeira de características silviculturais nobres e com massa específica aparente entre 0,47 a 0,60 g cm⁻³ a 15% de umidade, e a *Eritrina falcata* muito recomendada como sombreadora de cacauzeiros, com madeira de massa específica aparente entre 0,20 a 0,39 g cm⁻³ a 15% de umidade (CARVALHO, 1994).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material Vegetal

Foram utilizadas mudas de *Caesalpinia echinata* Lam. (Pau-Brasil), família Fabaceae; *Cariniana legalis* (Martius) Kuntze (Jequitibá), família Lecythidaceae e *Genipa americana* L. (Jenipapo) família Rubiaceae, provenientes do Instituto Biofábrica de Cacau (IBC), localizado no distrito do Banco do Pedro, município de Ilhéus, BA. No caso de *C. echinata*, plântulas com aproximadamente 10 cm, foram coletadas, no solo, abaixo das árvores matrizes na Estação Experimental Pau-Brasil (CEPEC/CEPLAC), localizada no município de Porto Seguro, BA. No mesmo local foram colhidas as sementes de *C. legalis*. As sementes de *G. americana* foram colhidas de árvores na área do IBC.

No IBC as sementes foram germinadas e as plântulas transplantadas para tubetes plásticos pretos com capacidade de 288 cm³ do substrato comercial Plantmax[®] [(turfa + cascas de *Pinnus* trituradas) + fibra de coco triturada (1:1)], enriquecido com micronutrientes, [Osmocote[®] (19-06-20) e PGmix[®] (14-16-18)] na proporção de 300 g de cada produto para 120 dm³ de substrato. Os tubetes foram distribuídos em bandejas plásticas, com capacidade máxima de 54 unidades. Em seguida, as bandejas foram mantidas em viveiro do IBC, coberto com tela plástica preta “sombrite”, que permite a redução da radiação global em 50%, com sistema de microaspersão com vazão de 40L h⁻¹, irrigadas a cada 10 minutos por 30 segundos.

Aos 120 dias após a germinação das sementes de *C. legalis* e o transplante das plântulas de *C. echinata*; bem como, aos 180 dias após a germinação das sementes de *G. americana*, 70 mudas de cada espécie foram transplantadas para sacos plásticos pretos com capacidade de 4,5 L, contendo o mesmo substrato utilizado nos tubetes. As plantas retornaram ao viveiro do IBC, para adaptação, por 45 dias. Posteriormente, as mudas foram transportadas

para a casa de vegetação, no campus da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), localizada no município de Ilhéus, BA, onde permaneceram por um mês para adaptação local.

O trabalho foi dividido em dois experimentos: Experimento I, com sombreamento natural; e Experimento II, com sombreamento artificial. Ambos conduzidos na casa de vegetação da UESC no período entre 25/08/2005 e 05/12/05.

3.2. Experimento I: Sombreamento Natural

3.2.1. Caracterização do Experimento

Após o período de aclimação, as plantas foram submetidas à dois níveis de radiação luminosa: T1 (Pleno Sol) e T2 ('Cabruca') (Figura 1). Os tratamentos T1 e T2, foram montados na área externa e próxima a casa de vegetação e em uma área de 'Cabruca' densa, sob a sombra de cacaueiros, no Campus da UESC, respectivamente. Durante dois dias, ao longo do experimento (25 e 26/10/05), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em T1 foi monitorada por meio de um sensor de radiação luminosa S-LIA-M003 acoplado à uma estação climatológica Hobo Micro Station Data Logger (Onset, USA), e o T2 por meio de um sensor quântico BQM-SUN (Apogee, USA).

Em cada tratamento foram colocadas nove mudas por espécie, totalizando dezoito mudas por espécie. Trinta mudas (dez por espécie) foram utilizadas para as avaliações no tempo zero (início do experimento).

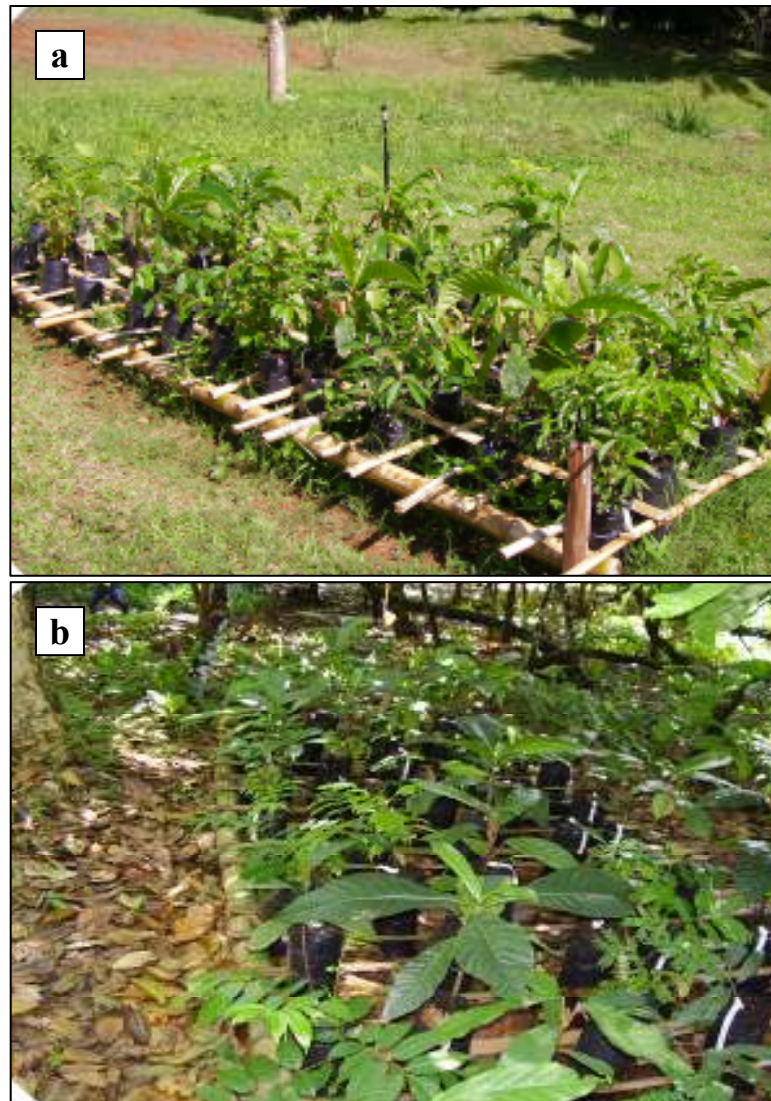


Figura 1 - Visão parcial das parcelas à pleno sol (T1, a) e na 'Cabruca' (T2, b).

3.2.2. Análise de Crescimento

No início do experimento (25/08/2005) foram avaliados, em dez mudas por espécie, a biomassa seca de folhas, caules, raízes e total, o diâmetro do coleto e a área foliar. No final do experimento (05/12/2005) as mesmas variáveis foram avaliadas, em nove plantas por espécie/tratamento (T1 e T2), além do número de folhas por muda.

A biomassa seca foi obtida por meio de secagem em estufa de circulação forçada de ar a 75 °C até massa constante. O diâmetro do coleto das plantas foi medido com o uso de um paquímetro ao longo do período experimental, a cada 15 dias. A área foliar foi estimada por meio de um medidor de área LI-3100 (Li-Cor, inc. Lincoln, Nebraska, USA).

A partir dos dados de biomassa seca foram calculadas, de acordo com Hunt (1990):

- a) a massa foliar específica: $MFE = MSF/AF$;
- b) a razão de área foliar: $RAF = AF/MST$;
- c) a razão de massa de raiz: $RMR = MSR/MST$;
- d) a razão de massa de caule: $RMC = MSC/MST$;
- e) a razão de massa de folha: $RMF = MSF/MST$;
- f) a área foliar individual: $AFI = AF/NF$; e
- g) a taxa de crescimento relativo: $TCR = [\ln(MST_{T_2}) - \ln(MST_{T_1})] / (T_2 - T_1)$.

onde: AF representa área foliar; T representa o tempo; MSF representa biomassa seca foliar; MSC representa biomassa seca de caules; MSR representa biomassa seca de raízes; e MST representa biomassa seca total.

3.2.3. Análise Estatística

Devido às diferentes características morfológicas e de crescimento das espécies estudadas, os resultados obtidos para cada espécie foram analisados independentemente, sendo adotado o delineamento experimental completamente ao acaso, com dois níveis de radiação luminosa e nove repetições; sendo cada unidade experimental composta por uma muda.

Os resultados obtidos foram analisados por meio teste-t, utilizando-se o pacote estatístico SAEG 9.0 (Fundação Arthur Bernardes, Viçosa, MG).

3.3. Experimento II: Sombreamento Artificial

3.3.1. Caracterização do Experimento

Após o período de aclimação, as plantas foram submetidas à quatro níveis de radiação luminosa: T1, T2, T3 e T4 (Figura 2). O tratamento T1 correspondeu às condições naturais de radiação luminosa no interior da casa de vegetação, o sombreamento artificial, nos tratamentos (T2, T3 e T4), foi obtido colocando-se as plantas sob estruturas metálicas (1,23 x 4,30 x 1,60m) cobertas com tela preta “sombrite” (25, 50 e 75% de atenuação da radiação solar).

Durante dois dias, ao longo do experimento (23/09 e 01/10/05), a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi monitorada nos quatro tratamentos por meio de um sensor de radiação luminosa S-LIA-M003 acoplado à uma estação climatológica Hobo Micro Station Data Logger (Onset, USA).

Em cada nível de radiação luminosa foram colocadas nove mudas por espécie, totalizando 36 plantas por espécie. Trinta mudas (dez por espécie) foram utilizadas para as avaliações no tempo zero (início do experimento).



Figura 2 -Visão parcial das estruturas montadas no interior da casa de vegetação.

3.3.2. Análise de Crescimento

Assim como realizado no Experimento I, no início do experimento (25/08/2005) foram avaliados, em dez plantas por espécie, a biomassa seca de folhas, caules, raízes e total, medidos o diâmetro do coleto, a área foliar e contado o número de folhas.

No final do experimento (05/12/2005) foram determinadas, em dez plantas por espécie/tratamento (T1 e T2), a biomassa seca de folhas, caule, raízes e total, medidos o comprimento do caule, da raiz, o diâmetro do coleto, a área foliar e contado o número de folhas.

A biomassa seca foi obtida por meio de secagem em estufa de circulação forçada de ar a 75 °C até massa constante. O diâmetro do coleto das plantas foi medido com o uso de um paquímetro ao longo do período experimental, a cada 15 dias. A área foliar foi estimada por meio de um medidor de área LI-3100 (Li-Cor, inc. Lincoln, Nebraska, USA).

A partir dos dados de biomassa seca foram calculadas: a MFE, a RAF, a RMR, a RMR, a RMC a RMF, a AFI e a TCR, de acordo com a mesma metodologia descrita no Experimento I.

3.3.3. Análise Estatística

Assim como procedido no experimento I, os resultados obtidos para cada espécie foram analisados independentemente, sendo adotado o delineamento experimental completamente ao acaso, com quatro níveis de radiação luminosa e nove repetições; sendo cada unidade experimental composta por uma muda.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANOVA) seguida de comparações de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SAEG 9.0 (Fundação Arthur Bernardes, Viçosa, MG).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da Radiação

Os resultados obtidos pela análise das variações diurnas na radiação fotossinteticamente ativa (RFA), para o experimento II, durante os dias 23/09/05 (Figura 3a) e 01/10/05 (Figura 3b) nos tratamentos 0% (T1), 25% (T2), 50% (T3) e 75% (T4) de atenuação da radiação incidente no interior da casa de vegetação mostraram (Figura 3a) dados de um dia nublado, onde o comportamento foi atípico devido a RFA apresentar maiores valores em uma faixa do dia onde freqüentemente os níveis de intensidade de luz são menores (BAHIA, 2001). Este fato pode ser observado nas figuras 3b, 3c e 3d, onde a RFA apresenta os maiores valores no período do dia entre 10h e 16h, fato não observado na Figura 3a. O tratamento 1 mostrou uma maior incidência de radiação luminosa, se destacando dos demais, seguido dos tratamentos 2, 3 e 4, respectivamente. No gráfico 3b os valores da RFA foram mais elevados, caracterizando um dia típico de sol, onde se mostra claramente a maior chegada de radiação luminosa no T1, seguido do tratamento T2. O tratamento T3 foi ligeiramente superior ao T4, porém com comportamentos não muito diferentes.

As Figuras 3c e 3d, com dados coletados entre 8h:30min e 16h:30min dos dias 25 e 26/10/05, ratificam a similaridade e confiabilidade entre as coletas de dados dos dois sensores utilizados nos experimentos. No tratamento 0% (T1 experimento II), em ambos os gráficos, o sensor BQM-SUN coletou dados semelhantes ao sensor S-LIA-M003. Observa-se ainda, nas Figuras 3c e 3d os altos valores medidos de RFA no tratamento PS (T1 experimento I), mostrando níveis de radiação luminosa bastante superiores aos coletados no interior da casa de vegetação. Ficaram evidentes, os baixos níveis registrados no tratamento 'Cabruca' (T2 experimento I), que em todo o período apontou pouca variação da RAF, variações estas que

ocorriam, em sua grande maioria, em função de “*Sunflecks*” no interior da 'Cabruca'. É importante salientar que a região sul da Bahia é caracterizada pela presença excessiva de nuvens que, mesmo em dias de sol, promovem diminuição da radiação luminosa em determinados pontos e por alguns instantes (BAHIA, 2001).

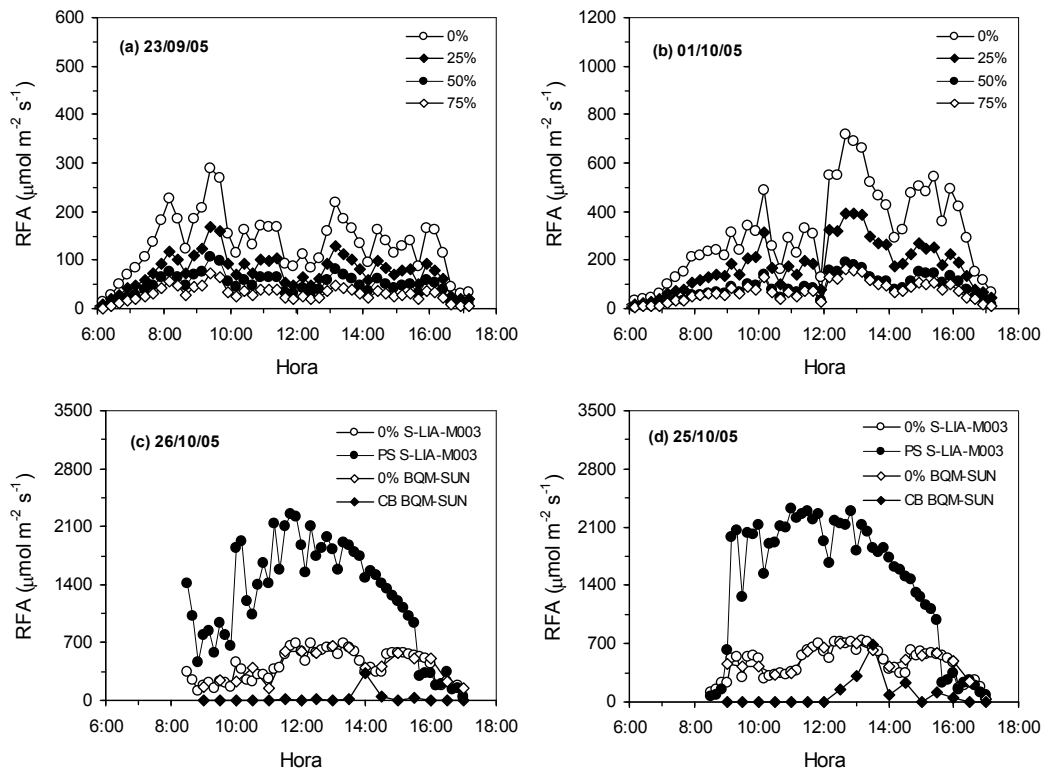


Figura 3 - Variações diurnas na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) durante os dias 23/09 (A) e 01/10/05 (B) nos tratamentos 0%, 25%, 50% e 75% de atenuação da radiação incidente no interior da casa de vegetação e durante os dias 26/10 (C) e 25/10/05 (D) nos tratamentos pleno sol (PS), 0% de atenuação da radiação incidente dentro da casa de vegetação e sob a sombra de cacaveiros numa 'Cabruca' (CB). Em C e D foram utilizados os sensores de radiação S-LIA-M003 (Onset, USA) em PS e 0%, e um sensor quântico BQM-SUN (Apogee, USA) para CB e 0%.

Na Tabela 1 podem ser observados os valores médios e máximos da radiação fotossinteticamente ativa, nos diferentes ambientes de cultivo. Os valores máximos de RFA observados à pleno sol e na 'Cabruca' foram 2316,3 e 690,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. Por outro lado, os valores máximos de RFA observados no interior da casa de vegetação foram

741,3, 398,8, 191,3 e 168,3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Tabela 1 - Valores médios, \pm erro padrão e máximos (entre parênteses) da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) observada nos diferentes ambientes de cultivo ao longo dos dias 23/09, 01/10, 25/10 e 26/10/05. Na casa de vegeta\u00e7\u00e3o e \u00e0 pleno sol foram utilizados os sensores de radia\u00e7\u00e3o S-LIA-M003 (Onset, USA), enquanto que na 'Cabruca' foi utilizado um sensor qu\u00e2ntico BQM-SUN (Apogee, USA). Para os dias 23/09 e 01/10, n = 46. Para os dias 25/10 e 26/10, na casa de vegeta\u00e7\u00e3o e \u00e0 pleno sol, n = 52; na 'Cabruca', n = 17.

Data	0%	25%	50%	75%	Pleno sol	'Cabruca'
23/09/05	130,4 \pm 9,3 (288,8)	75,5 \pm 5,4 (168,8)	47,2 \pm 3,5 (106,3)	29,9 \pm 2,3 (73,8)	-	-
01/10/05	309,5 \pm 27,5 (718,8)	173,7 \pm 15,2 (398,8)	84,5 \pm 7,4 (191,3)	69,4 \pm 6,1 (168,3)	-	-
25/10/05	461,3 \pm 26,0 (741,3)	-	-	-	1439,1 \pm 109,0 (2316,3)	98,6 \pm 24,6 (690,0)
26/10/05	408,0 \pm 25,6 (693,8)	-	-	-	1245,6 \pm 88,9 (2256,3)	29,5 \pm 11,0 (336,0)

Na Tabela 2 encontram-se as rela\u00e7\u00f5es percentuais entre a radia\u00e7\u00e3o fotossinteticamente ativa observada no tratamento a pleno sol do experimento I, e os diferentes ambientes de cultivo ao longo dos dias 23/09, 01/10, 25/10 e 26/10/05. O tratamento 0% (T1 experimento II) representa 50% da radia\u00e7\u00e3o luminosa que chega ao tratamento pleno sol (T1 experimento I), devido a atenua\u00e7\u00e3o da casa de vegeta\u00e7\u00e3o. O tratamento 25% (T2 experimento II) representa 27% do PS, que, al\u00e9m da atenua\u00e7\u00e3o do ambiente (casa de vegeta\u00e7\u00e3o), a tela utilizada para simula\u00e7\u00e3o da radia\u00e7\u00e3o luminosa, reduzia em 25% a intensidade de luz. O tratamento 50% (T3 experimento II) representa 15% e por fim o 75% (T4 experimento II) representa 11% de toda radia\u00e7\u00e3o recebida a pleno sol. O tratamento 'Cabruca' (T2 experimento I) por sua vez, recebe 6% da radia\u00e7\u00e3o fotossinteticamente ativa que chega ao tratamento 1 do sombreamento natural.

Tabela 2 - Valores médios, \pm erro padrão, e mínimos e máximos (entre parênteses), das relações percentuais entre a radiação fotossinteticamente ativa observada nos diferentes ambientes de cultivo ao longo dos dias 23/09, 01/10, 25/10 e 26/10/05.

Data	25/0% ⁽¹⁾	50/0% ⁽¹⁾	75/0% ⁽¹⁾	'Cabruca'/0% ⁽²⁾	0%/pleno sol ⁽¹⁾
23/09/05	58,3 \pm 0,5 (48,9-65,3)	35,4 \pm 0,5 (20,6-37,9)	22,3 \pm 0,4 (9,4-26,6)	-	-
01/10/05	57,0 \pm 0,8 (45,1-65,3)	27,1 \pm 0,4 (20,1-35,5)	22,4 \pm 0,4 (15,8-26,8)	-	-
25/10/05	-	-	-	17,2 \pm 6,8 (0,5-110,4)	55,7 \pm 7,4 (15,3-232,2)
26/10/05	-	-	-	7,7 \pm 5,0 (0,7-86,6)	47,1 \pm 5,8 (17,7-185,6)

⁽¹⁾ Dados coletados com sensores de radiação S-LIA-M003 (Onset, USA). Para os dias 23/09 e 01/10, n = 46. Para os dias 25/10 e 26/10, na casa de vegetação e à pleno sol, n = 52.

⁽²⁾ Dados coletados com um sensor quântico BQM-SUN (Apogee, USA), n = 17.

4.2. Sombreamento Natural

Para as três espécies estudadas, observou-se um maior incremento em diâmetro para o tratamento à pleno sol em comparação com a 'Cabruca' (Figura 4), sendo as maiores diferenças verificadas em *C. legalis* e as menores em *G. americana*. Para ambas as espécies, praticamente não foram verificados incremento em diâmetro nas mudas cultivadas em ambiente de 'Cabruca'. O que pode ser explicado devido à menor RFA existente na 'Cabruca' (Figura 3c e d) o que não possibilitou às espécies maior velocidade de crescimento. Diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade (teste-t) foram observadas entre os tratamentos T1 e T2 aos 33 e 64 dias após o início do experimento para *C. echinata* e *G. americana*, respectivamente. Ao passo que, diferenças significativas em nível de 1% de probabilidade (teste-t) foram observadas entre os tratamentos T1 e T2 aos 49 dias após o início do experimento para *C. echinata* e *C. legalis*, e aos 82 dias após o início do experimento para *G. americana*.

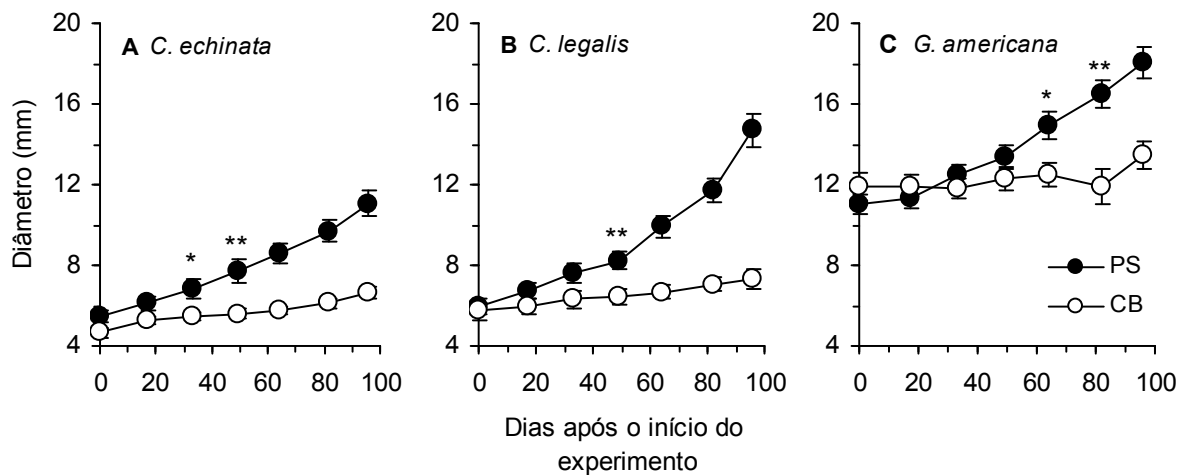


Figura 4 - Valores médios (\pm erro padrão) do diâmetro do coleto para plantas de *C. echinata* (A), *C. legalis* (B) e *G. americana* (C), após 100 dias crescendo em diferentes condições ambientes de atenuação da radiação (PS - Pleno Sol e CB - 'Cabruca'). (*) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,05$; teste-t) e (**) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,01$; teste-t). (n = 9)

Chazdon e Fetcher (1984); Januário et al. (1992) afirmaram que a estrutura das florestas tropicais permite que apenas pequena quantidade de luz chegue ao nível do solo da floresta. Fato que segundo Clark et al. (1996) torna o crescimento de muitas plântulas no interior da floresta limitado pela escassez de luz. Felfili et al. (1999) avaliaram o comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum*, espécie pioneira heliófita, sob diferentes níveis de sombreamento em viveiro e constataram maior diâmetro do coleto nos tratamentos a pleno sol. Para a espécie *Jacaranda puberula*, também heliófita, Almeida et al. (2005a) em experimento similar, também verificaram maior diâmetro do coleto em condição de maior incidência de luz, 30% de sombreamento. Dessa forma, para as espécies heliófita e semi-heliófita, como *C. legalis* e *C. echinata*, o sombreamento ocasiona diminuição no crescimento, tendo em vista que o diâmetro do coleto apresenta correlação com a biomassa seca total (GONÇALVES et al., 2000).

As plantas variam na eficiência com que captam a energia solar e a convertem em biomassa. Essa variação é o resultado, principalmente, de diferenças na morfologia das plantas, eficiência fotossintética e fisiologia da espécie (GLIESSMAN, 2001).

Para *C. echinata* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,01$, teste-t) entre tratamentos para as variáveis massa seca de raízes, caules, folhas e total, diâmetro, área foliar total por muda, MFE e TCR (Tabela 3). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos na ordem de 80, 71, 79 e 77%, para as massas secas de raízes, caules, folhas e total, respectivamente.

Tabela 3 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. echinata* após 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9)

Variável	T1	T2
Massa seca de raízes (g)	7,98 \pm 1,33 **	1,64 \pm 0,18
Massa seca de caules (g)	12,06 \pm 1,83 **	3,47 \pm 1,00
Massa seca de folhas (g)	20,81 \pm 3,47 **	4,35 \pm 0,41
Massa seca total (g)	40,85 \pm 6,41 **	9,46 \pm 1,43
Diâmetro	11,38 \pm 0,65 **	6,65 \pm 0,29
Área foliar (dm ²)	27,25 \pm 3,87 **	7,78 \pm 0,74
Área foliar individual (dm ²)	1,25 \pm 0,09 *	0,95 \pm 0,09
Número de folhas	22,33 \pm 3,07 **	8,22 \pm 0,36
MFE (g m ⁻²)	75,32 \pm 4,28 **	56,33 \pm 3,62
RMR (g g ⁻¹)	0,19 \pm 0,01 ns	0,18 \pm 0,01
RMC (g g ⁻¹)	0,30 \pm 0,01 ns	0,33 \pm 0,03
RMF (g g ⁻¹)	0,51 \pm 0,02 ns	0,49 \pm 0,03
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	17,64 \pm 1,55 **	3,05 \pm 1,35

Comparação entre as médias dos tratamentos realizadas por meio do teste-t (** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns $p > 0,05$).

Para *C. legalis* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,01$, teste-t) entre tratamentos para as variáveis massa seca de raízes, caules, folhas e total, diâmetro, área foliar total por muda, número de folhas, MFE, RMC e TCR (Tabela 4). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos na ordem de 77, 85, 81 e 81%, para as massas secas de raízes, caules, folhas e total, respectivamente.

Tabela 4 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. legalis* após 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9)

Variável	T1	T2
Massa seca de raízes (g)	25,71 \pm 3,34 **	5,81 \pm 1,04
Massa seca de caules (g)	21,84 \pm 2,20 **	3,37 \pm 0,52
Massa seca de folhas (g)	25,19 \pm 3,03 **	4,81 \pm 0,73
Massa seca total (g)	72,74 \pm 7,05 **	13,99 \pm 2,10
Diâmetro	14,69 \pm 0,87 **	7,31 \pm 0,46
Área foliar (dm ²)	35,09 \pm 4,17 **	11,92 \pm 1,83
Área foliar individual (dm ²)	0,14 \pm 0,01 ns	0,14 \pm 0,01
Número de folhas	251,89 \pm 29,42 **	85,22 \pm 9,48
MFE (g m ⁻²)	71,95 \pm 2,17 **	40,51 \pm 1,06
RMR (g g ⁻¹)	0,35 \pm 0,03 ns	0,42 \pm 0,02
RMC (g g ⁻¹)	0,30 \pm 0,01 **	0,24 \pm 0,01
RMF (g g ⁻¹)	0,35 \pm 0,02 ns	0,34 \pm 0,02
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	23,93 \pm 1,20 **	6,89 \pm 1,50

Comparação entre as médias dos tratamentos realizadas por meio do teste-t (** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns $p > 0,05$).

Para *G. americana* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,01$, teste-t) entre tratamentos para as variáveis massa seca de raízes, caules, folhas e total, diâmetro, área foliar total por muda, número de folhas, MFE e TCR (Tabela 5). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos na ordem de 62, 62, 73, 65%, para as massas secas de raízes, caules, folhas e total, respectivamente.

Tabela 5 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *G. americana* após 100 dias crescendo em ambiente de pleno sol (T1) e 'Cabruca' (T2). (n = 9)

Variável	T1	T2
Massa seca de raízes (g)	37,51 \pm 3,69 **	14,13 \pm 1,57
Massa seca de caules (g)	21,27 \pm 2,67 **	8,14 \pm 0,85
Massa seca de folhas (g)	25,86 \pm 2,74 **	7,07 \pm 0,82
Massa seca total (g)	84,65 \pm 8,05 **	29,33 \pm 2,52
Diâmetro	18,01 \pm 0,89 **	13,41 \pm 0,78
Área foliar (dm ²)	27,10 \pm 2,10 **	17,62 \pm 2,01
Área foliar individual (dm ²)	2,03 \pm 0,12 ns	2,03 \pm 0,11
Número de folhas	13,44 \pm 0,82 **	8,56 \pm 0,85
MFE (g m ⁻²)	94,28 \pm 2,94 **	40,39 \pm 1,01
RMR (g g ⁻¹)	0,44 \pm 0,02 ns	0,48 \pm 0,03
RMC (g g ⁻¹)	0,25 \pm 0,02 ns	0,28 \pm 0,02
RMF (g g ⁻¹)	0,31 \pm 0,01 *	0,24 \pm 0,02
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	25,61 \pm 0,92 **	14,90 \pm 0,98

Comparação entre as médias dos tratamentos realizadas por meio do teste-t (** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; ns $p > 0,05$).

Os maiores valores médios de área foliar total por muda no tratamento a pleno sol foram obtidos para *C. legalis* (35,09 dm², Tabela 4), seguido de *C. echinata* (27,25 dm², Tabela 3) e de *G. americana* (27,10 dm², Tabela 5). Para as mesmas espécies foram observadas diferenças percentuais entre os tratamentos para a variável área foliar total por muda na ordem de 66, 71 e 35%, respectivamente. Tais diferenças foram relacionadas com o número de folhas por muda e a área foliar individual em *C. echinata* (Tabela 3), mas apenas com o número de folhas por muda em *C. legalis* e *G. americana* (Tabelas 4 e 5, respectivamente). Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves et al. (2000), trabalhando com várias espécies arbóreas da Mata Atlântica, e Almeida et al. (2005a), trabalhando com *Jacaranda puberula*, os quais observaram que, com o aumento do sombreamento, não houve maior produção de biomassa foliar. Esse fato pode ser explicado em função das condições de baixa luminosidade, como na 'Cabruca', onde as espécies estudadas não conseguem reagir e aumentar a sua área foliar.

Muitas espécies desenvolvem folhas anatomicamente diferentes, dependendo do nível de sombra ou sol. Quando sob baixa intensidade luminosa as espécies tendem a aumentar a absorção de luz, alocando mais biomassa para as folhas que para raízes, o que por sua vez resulta em folhas mais finas, com superfície maior por unidade de peso, epiderme mais fina, menor quantidade de pigmentos fotossintéticos, estrutura de folha mais esponjosa e mais estômatos do que as folhas de sol (POORTER, 1999; GLIESSMAN, 2001; DUZ et al., 2004).

Para Taiz e Zeiger (2004), as folhas configuram um dossel que absorve luz e influencia nas taxas fotossintéticas e no crescimento; na realidade a intensidade de radiação luminosa determina a resposta fotossintética das folhas, que, em algumas situações, limita a fotossíntese através de um suprimento inadequado de luz. Já em outras situações, a absorção demasiada de luz pode provocar problemas sérios, razão pela quais mecanismos especiais, que variam do fechamento de estômatos até a fotoinibição, protegem o sistema fotossintético da luz excessiva.

Ao experimentarem diferentes condições de radiação luminosa, a maior parte das espécies vegetais, é capaz, em maior ou em menor grau, de adaptar-se à variação (DUZ et al., 2004), é o que pode ser caracterizado como plasticidade fisiológica. Nesse sentido, pode-se considerar que a MFE é uma variável morfológica diretamente relacionada com a adaptação de folhas às condições de sol e sombra.

Comparando-se os dados obtidos nas três espécies, à pleno sol, observa-se que os maiores valores de MFE foram obtidos para *G. americana* (Tabela 5), seguido de *C. echinata* (Tabela 3) e *C. legalis* (Tabela 4); cujos valores foram 94,28, 75,32 e 71,95 g m⁻², respectivamente. As maiores diferenças percentuais entre os tratamentos de pleno sol e 'Cabruca' foram obtidos para *G. americana*, seguido de *C. legalis* e de *C. echinata* (77, 44 e 35 %, respectivamente).

A partição de fotoassimilados pode ser avaliada mediante análises da RMR, RMC e RMF. Os maiores valores de RMR à pleno sol foram obtidos para *G. americana* (0,44 g g⁻¹, Tabela 5), seguido de *C. legalis* (0,35 g g⁻¹, Tabela 4) e de *C. echinata* (0,19 g g⁻¹, Tabela 3). Para *C. legalis* e *G. americana* verificou-se um incremento na RMR para as mudas que cresceram na 'Cabruca' comparativamente com as mudas que cresceram à pleno sol, na ordem de 17 e 8 %, respectivamente. Almeida et al. (2004), obtiveram resultados semelhantes para *Cryptocaria aschersoniana*, tendo em vista que a maior alocação não foi a pleno sol e sim a 30% de atenuação de radiação luminosa. Para *C. echinata* os valores calculados à pleno sol e na 'Cabruca' foram praticamente semelhantes (Tabela 3). Espécies que apresentam sistema radicular mais desenvolvido em determinadas condições habilitam suas plantas a terem maior capacidade de aclimação do que aquelas com raízes reduzidas (CLAUSSEN, 1996; ALMEIDA et al., 2005b).

Os maiores valores de RMC à pleno sol foram obtidos para *C. legalis* (0,30 g g⁻¹, Tabela 4) e *C. echinata* (0,30 g g⁻¹, Tabela 3), seguidos da *G. americana* (0,25 g g⁻¹, Tabela 5). Para *C. echinata* e *G. americana* verificou-se um incremento na RMC para as mudas que cresceram na 'Cabruca' comparativamente com as mudas que cresceram à pleno sol, na ordem de 10%. Já para *C. legalis* os valores calculados à pleno sol foram estatisticamente superiores ($p \leq 0,01$, teste-t, Tabela 4), na ordem de 20%, comparativamente com as mudas que cresceram na 'Cabruca'.

Os maiores valores de RMF foram obtidos, para as três espécies, no tratamento de pleno sol: *C. echinata* (0,51 g g⁻¹, Tabela 3), *C. legalis* (0,35 g g⁻¹, Tabela 4), seguidos da *G. americana* (0,31 g g⁻¹). Contudo somente foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para a *G. americana* ($p \leq 0,05$, teste-t, Tabela 5).

A TCR é uma variável fisiológica que representa o ganho em biomassa à partir de um determinado valor de biomassa pré-existente (HUNT, 1982). Os maiores valores de TCR à

pleno sol foram obtidos para *G. americana* (25,61 mg g⁻¹ dia⁻¹, Tabela 5), seguido de *C. legalis* (23,93 mg g⁻¹ dia⁻¹, Tabela 4) e de *C. echinata* (17,64 mg g⁻¹ dia⁻¹, Tabela 3). As diferenças percentuais entre os tratamentos pleno sol e 'Cabruca' para *G. americana*, *C. legalis* e *C. echinata* foram 42, 71 e 83 %, respectivamente. De forma semelhante, Duz et al. (2004), analisando o crescimento de *B. australis*, em condições semelhantes ao presente experimento, verificaram que os menores valores médios de TCR foram obtidos em 2% de disponibilidade de radiação luminosa com relação ao pleno sol do que em intensidades de luz mais elevadas.

4.3. Sombreamento Artificial

Ao contrário do que ocorreu no experimento com sombreamento natural, não foram observadas diferenças tão acentuadas para o incremento em diâmetro ao longo dos 100 dias de duração do experimento (Figura 5). Contudo, o maior crescimento foi observado no tratamento 1, para todas as espécies. Tratamento este que, dentro da casa de vegetação, é o que recebeu maior quantidade de radiação luminosa, se comportando assim, semelhantemente ao experimento com sombreamento natural. Diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade (teste Tukey) foram observadas entre os tratamentos T1 e T4 aos 17, 49 e 17 dias após o início do experimento para *C. echinata*, *C. legalis* e *G. americana*, respectivamente. Ao passo que, diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade (teste Tukey) foram observadas entre os tratamentos T1 e T2 aos 96 dias após o início do experimento para *C. echinata* e *C. legalis*.

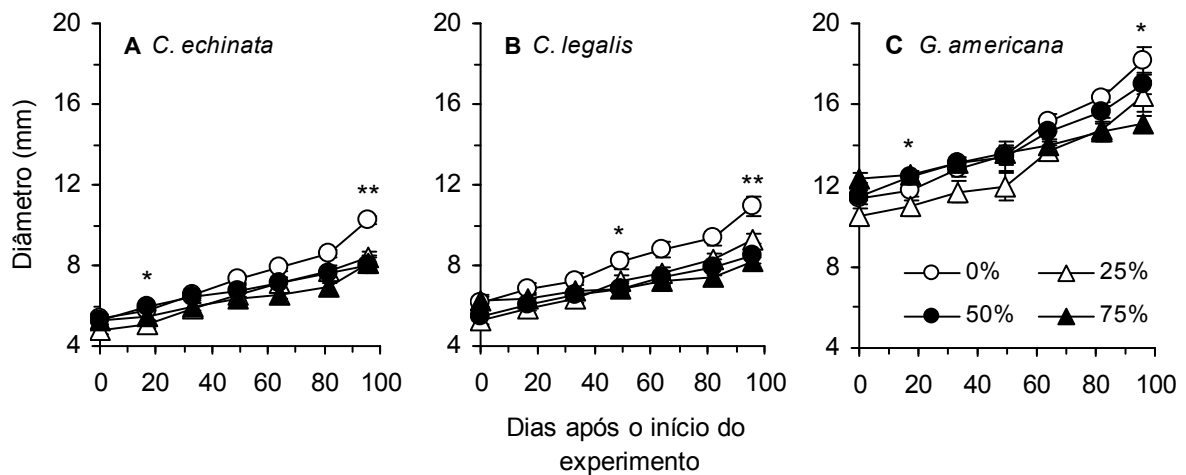


Figura 5 - Valores médios (\pm erro padrão) do diâmetro do coleto para plantas de *C. echinata* (A), *C. legalis* (B) e *G. americana* (C), após 100 dias crescendo em diferentes condições de atenuação da radiação incidente no interior da casa de vegetação: T1 - 0%, T2 - 25%, T3 - 50% e T4 - 75%. (*) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T4 ($p \leq 0,05$; teste Tukey) e (**) representa o momento a partir do qual T1 diferiu significativamente de T2 ($p \leq 0,05$; teste Tukey). (n = 9)

Para *C. echinata* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) entre T1 e os demais tratamentos para as variáveis massa seca de caules, diâmetro e TCR (Tabela 6). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos T1 e T2 na ordem de 42, 19 e 30%, para a massa seca de caules, para o diâmetro e para TCR, respectivamente. Ao passo que as diferenças percentuais entre T1 e T4 foram da ordem de 63, 21 e 57%, respectivamente, para as mesmas variáveis. Por outro lado, não foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) para as variáveis massa seca de raízes, área foliar individual, número de folhas, razão de massa de raízes e razão de massa de folhas. Para MFE e MST, foram observadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) apenas entre os tratamentos T1 e T4.

Tabela 6 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. echinata*, após 100 dias crescendo em quatro condições de atenuação da radiação luminosa incidente na casa de vegetação, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9)

Variável	T1	T2	T3	T4
Massa seca de raízes (g)	4,09 \pm 0,35 a	2,62 \pm 0,37 a	2,54 \pm 0,44 a	1,91 \pm 0,28 a
Massa seca de caules (g)	10,37 \pm 0,48 a	5,98 \pm 0,81 b	4,25 \pm 0,56 b	3,82 \pm 0,65 b
Massa seca de folhas (g)	18,47 \pm 1,62 a	12,65 \pm 1,38 ab	10,75 \pm 1,26 b	8,51 \pm 1,24 b
Massa seca total (g)	32,94 \pm 2,08 a	21,25 \pm 2,47 ab	17,54 \pm 2,12 ab	14,24 \pm 2,09 b
Diâmetro	10,24 \pm 0,23 a	8,34 \pm 0,32 b	7,79 \pm 0,34 b	8,07 \pm 0,47 b
Área foliar (dm ²)	33,58 \pm 1,91 a	23,71 \pm 2,29 ab	21,28 \pm 2,36 ab	18,37 \pm 2,81 b
Área foliar individual (dm ²)	1,86 \pm 0,14 a	1,64 \pm 0,11 a	1,65 \pm 0,16 a	1,36 \pm 0,15 a
Número de folhas	18,78 \pm 1,79 a	14,33 \pm 0,87 a	12,89 \pm 0,92 a	13,00 \pm 0,76 a
MFE (g m ⁻²)	55,03 \pm 4,06 a	52,93 \pm 1,14 ab	50,70 \pm 1,63 ab	47,20 \pm 1,69 b
RMR (g g ⁻¹)	0,13 \pm 0,01 a	0,12 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,01 a	0,14 \pm 0,02 a
RMC (g g ⁻¹)	0,32 \pm 0,02 a	0,28 \pm 0,01 ab	0,24 \pm 0,01 b	0,26 \pm 0,01 b
RMF (g g ⁻¹)	0,55 \pm 0,03 a	0,60 \pm 0,02 a	0,62 \pm 0,02 a	0,60 \pm 0,01 a
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	16,25 \pm 0,69 a	11,40 \pm 1,25 b	9,37 \pm 1,37 bc	7,01 \pm 1,58 c

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

Para *C. legalis* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) entre T1 e os demais tratamentos para as variáveis massa seca de caules, massa seca total, diâmetro, número de folhas, MFE e TCR (Tabela 7). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos T1 e T2 na ordem de 39, 35, 15, 29, 15 e 21%, para as variáveis massa seca de caules, massa seca total, diâmetro, número de folhas, MFE e TCR, respectivamente. Ao passo que as diferenças percentuais entre T1 e T4 foram da ordem de 57, 55, 25, 36, 24 e 42%, respectivamente, para as mesmas variáveis. Por outro lado, não foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) entre os tratamentos para as variáveis área foliar individual, RMR, RMC e RMF.

Tabela 7 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *C. legalis*, após 100 dias crescendo em quatro condições de atenuação da radiação luminosa incidente na casa de vegetação, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9)

Variável	T1	T2	T3	T4
Massa seca de raízes (g)	12,80 \pm 1,58 a	7,91 \pm 0,85 ab	7,31 \pm 1,19 ab	5,40 \pm 0,69 b
Massa seca de caules (g)	12,97 \pm 1,23 a	7,86 \pm 0,61 b	6,51 \pm 0,89 b	5,58 \pm 0,76 b
Massa seca de folhas (g)	21,82 \pm 1,79 a	15,39 \pm 1,02 ab	12,97 \pm 1,51 b	10,34 \pm 1,12 b
Massa seca total (g)	47,59 \pm 3,94 a	31,16 \pm 2,14 b	26,80 \pm 3,41 b	21,32 \pm 2,39 b
Diâmetro	10,94 \pm 0,46 a	9,29 \pm 0,27 b	8,48 \pm 0,39 b	8,16 \pm 0,26 b
Área foliar (dm ²)	47,51 \pm 4,08 a	39,10 \pm 2,58 ab	34,03 \pm 4,02 ab	29,41 \pm 2,66 b
Área foliar individual (dm ²)	0,19 \pm 0,02 a	0,22 \pm 0,01 a	0,18 \pm 0,01 a	0,18 \pm 0,01 a
Número de folhas	250,89 \pm 19,87 a	177,78 \pm 8,36 b	186,44 \pm 23,43 b	161,22 \pm 13,03 b
MFE (g m ⁻²)	46,10 \pm 1,20 a	39,41 \pm 0,64 b	38,43 \pm 1,18 b	34,93 \pm 0,98 b
RMR (g g ⁻¹)	0,27 \pm 0,02 a	0,25 \pm 0,02 a	0,27 \pm 0,02 a	0,25 \pm 0,02 a
RMC (g g ⁻¹)	0,27 \pm 0,01 a	0,25 \pm 0,01 a	0,24 \pm 0,01 a	0,26 \pm 0,01 a
RMF (g g ⁻¹)	0,46 \pm 0,02 a	0,50 \pm 0,02 a	0,49 \pm 0,02 a	0,49 \pm 0,02 a
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	19,83 \pm 0,91 a	15,67 \pm 0,69 b	13,59 \pm 1,42 bc	11,60 \pm 1,00 c

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

Para *G. americana* foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) entre T1 e os demais tratamentos para as variáveis massa seca de raiz, massa seca total e MFE (Tabela 8). Foram verificadas diferenças percentuais entre os tratamentos T1 e T2 na ordem de 31, 22 e 17%, para a massa seca de raiz, massa seca total e MFE, respectivamente. Ao passo que as diferenças percentuais entre T1 e T4 foram da ordem de 56, 50 e 44%, respectivamente, para as mesmas variáveis. Por outro lado, não foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$, teste Tukey) entre os tratamentos para as variáveis área foliar, área foliar individual, número de folhas, RMR, RMC e RMF. Para as variáveis massa seca de caule e massa seca de folhas, observou-se valores médios significativamente menores ($p \leq 0,05$, teste Tukey) para T4 em relação aos demais tratamentos.

Tabela 8 - Valores médios (\pm erro padrão) da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro do coleto, da área foliar total e individual, do número de folhas, da massa foliar específica (MFE), da razão de massa de raízes (RMR), de caules (RMC) e de folhas (RMF) e da taxa de crescimento relativo (TCR) de plantas de *G. americana*, após 100 dias crescendo em quatro condições de atenuação da radiação luminosa incidente na casa de vegetação, obtidas com o uso de telas sombreadoras (T1 - 0%; T2 - 25%; T3 - 50%; T4 - 75%). (n = 9)

Variável	T1	T2	T3	T4
Massa seca de raízes (g)	34,09 \pm 3,07 a	23,47 \pm 4,21 b	21,79 \pm 2,67 b	15,16 \pm 0,92 c
Massa seca de caules (g)	20,63 \pm 1,43 a	17,57 \pm 2,99 a	17,13 \pm 1,54 a	10,66 \pm 0,63 b
Massa seca de folhas (g)	30,93 \pm 2,06 a	26,09 \pm 4,63 a	25,72 \pm 2,43 a	17,08 \pm 1,77 b
Massa seca total (g)	85,65 \pm 5,96 a	67,12 \pm 11,51 b	64,65 \pm 5,57 b	42,90 \pm 2,86 c
Diâmetro	17,84 \pm 0,69 a	16,36 \pm 0,84 ab	16,68 \pm 0,41 a	14,96 \pm 0,37 b
Área foliar (dm ²)	49,69 \pm 2,91 a	50,28 \pm 8,09 a	59,30 \pm 5,29 a	48,35 \pm 4,85 a
Área foliar individual (dm ²)	3,21 \pm 0,17 a	3,20 \pm 0,38 a	3,60 \pm 0,25 a	3,29 \pm 0,20 a
Número de folhas	15,56 \pm 0,85 a	15,44 \pm 1,08 a	16,00 \pm 0,80 a	14,56 \pm 1,16 a
MFE (g m ⁻²)	61,98 \pm 1,28 a	51,20 \pm 2,08 b	43,60 \pm 1,79 c	34,94 \pm 1,68 d
RMR (g g ⁻¹)	0,39 \pm 0,02 a	0,34 \pm 0,02 a	0,34 \pm 0,03 a	0,36 \pm 0,02 a
RMC (g g ⁻¹)	0,24 \pm 0,01 a	0,27 \pm 0,03 a	0,27 \pm 0,01 a	0,25 \pm 0,01 a
RMF (g g ⁻¹)	0,36 \pm 0,01 a	0,38 \pm 0,02 a	0,40 \pm 0,02 a	0,39 \pm 0,03 a
TCR (mg g ⁻¹ dia ⁻¹)	25,80 \pm 0,92 a	22,55 \pm 1,61 ab	22,95 \pm 0,84 a	18,85 \pm 0,85 b

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

Para a espécie clímax *Quercus robur*, Welander e Ottosson (2000) também observaram um incremento de massa seca total com o aumento na disponibilidade de luz. Por outro lado, da mesma forma como foi observado no experimento com sombreamento natural, e a exemplo dos resultados encontrados por Sturion (1980), para *Prunus brasiliensis*, e por Almeida et al. (2005a), para *Jacaranda puberula*, à medida que aumentou o sombreamento os valores médio das massas secas de raízes foram decrescendo para todas as três espécies analisadas nesse experimento.

Assim como ocorreu no experimento com sombreamento natural, os maiores valores de MFE e TCR foram obtidos para *G. americana* (61,98 g m⁻²; 25,80 mg g⁻¹ dia⁻¹, Tabela 8), ambos para T1, que equivaleu a 50% do obtido a pleno sol (Tabela 5). É importante ainda salientar que a espécie *G. americana* apresentou valores significativamente menores para a variável MFE em ambos os experimentos nos tratamentos em que a disponibilidade de

radiação luminosa foi menor ('Cabruca', em sombreamento natural, e T4, em sombreamento artificial).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A capacidade de uma determinada espécie em adaptar-se à condições de sol ou sombra pode ser evidenciada pela avaliação do crescimento inicial das plantas em diferentes condições de disponibilidade de radiação luminosa (VALLADARES et al., 2000; ALMEIDA et al., 2005b). A plasticidade fisiológica com relação à disponibilidade de radiação luminosa é fundamental para a sobrevivência de plantas em ambientes heterogêneos, ou muito dinâmicos, como nas florestas tropicais úmidas, podendo assim, explicar variações na distribuição geográfica e ecológica das espécies (PETIT et al., 1996; DUZ et al., 2004).

Para as três espécies analisadas e nos dois experimentos ocorreu um acúmulo de biomassa de raízes, caules, folhas e total proporcional ao aumento da disponibilidade de radiação luminosa. Por outro lado, considerando-se que os extremos de disponibilidade de radiação luminosa foram contemplados no experimento de sombra natural (Figura 3 e Tabelas 1 e 2), as maiores diferenças percentuais entre os tratamentos para as taxas de crescimento relativo foram observadas para *C. echinata*, seguido de *C. legalis* e de *G. americana* (83, 71 e 42%, respectivamente). No experimento em casa de vegetação tais diferenças foram menos acentuadas, haja visto que a radiação luminosa disponível para a fotossíntese e o crescimento das mudas nos tratamentos T2, T3 e T4, correspondeu, em média, à 60, 30 e 20% de T1 (ausência de tela sombreadora). No experimento de sombra artificial, as diferenças percentuais nas taxas de crescimento relativo entre T1 e T4 foram de 57, 42, 27%, para *C. echinata*, *C. legalis* e *G. americana*, respectivamente.

A MFE pode interferir diretamente na capacidade fotossintética da planta através de alterações morfológicas, aumentando a captação de luz, quando em menor irradiância, e diminuir a transpiração quando em maior (DUZ et al., 2004). Altos valores de MFE, por exemplo, são resultados da diminuição do tamanho das folhas e do aumento na quantidade e

capacidade do aparato fotossintético por unidade de área. A diminuição do tamanho das folhas reduz a camada adjacente entre atmosfera e folha, permitindo maior perda de calor por convecção para o ambiente, sendo necessária, dessa maneira, menor transpiração para resfriar a folha (POORTER, 1999).

A estrutura do dossel da Mata Atlântica só permite que pequena quantidade de luz atinja o solo. Conseqüentemente, o crescimento de várias espécies pode ser limitado pela quantidade e qualidade de luz disponível, por isto, muitas desenvolvem estratégias de sobrevivência e se estabelecem neste ambiente de pouca luz (OSUNKOYA et al. 1994, CLAUSSEN 1996). Características particulares de cada espécie como as morfológicas, anatômicas e fisiológicas diferenciam a sua capacidade de adaptação à condições de sombra ou pleno sol. Folhas de sombra são em geral menos espessas, apresentam menor massa foliar por unidade de área, menor relação entre clorofilas a/b, menor relação entre parênquimas paliádico e lacunoso, entre outras (BAZZAZ e PICKETT, 1980; GIVINISH, 1988; LARCHER, 1995; LÜTTIGE, 1995). Estas características podem variar dentro da mesma espécie, ou entre ela e grupos ecológicos, e se relacionam com a capacidade de sobrevivência e de crescimento em ambientes de bordas, clareiras ou até mesmo de matas fechadas (KITAJIMA, 1994; BARKER et al., 1997).

Alterações estruturais em folhas, particularmente na massa foliar específica, estão entre os principais componentes da adaptação à variações à condições de sol e sombra (FENG et al., 2004). Com relação à MFE, as maiores diferenças percentuais entre os tratamentos foram observadas para *G. americana*, seguido de *C. legalis* e *C. echinata*; as quais foram na ordem de 57, 44 e 25%, respectivamente, quando foram comparados os tratamentos pleno sol e 'Cabruca' (sombreamento natural), e 44, 24 e 14%, quando foram comparados os tratamentos T1 e T4 (sombreamento artificial).

Não obstante estas questões, estudos sobre a adaptação das espécies à quantidade de luz incidente são importantes no sentido de contribuir para melhor elucidar o plantio e o manejo de mudas dessas espécies em sistemas de 'Cabruca', na perspectiva de múltiplos usos da floresta. Neste contexto, vale reafirmar que no sistema agroflorestal 'Cabruca' é explorado, na grande maioria dos casos, um único produto: as amêndoas do cacau. Não bem divulgado é o fato de que outras espécies podem ser exploradas economicamente neste sistema, com a finalidade de obter maior rentabilidade, o que leva a maior sustentabilidade do sistema; tendo em vista que amplia a intersecção entre as esferas da sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Dessa forma, sugere-se a inclusão no sombreamento dos cacauzeiros espécies nativas de valor econômico. Dentre as estudadas, vê-se que a *G. americana* apresenta-se como espécie promissora, já que, esta foi a que apresentou maior plasticidade fenotípica, de modo que a sua produção de biomassa foi expressiva tanto em condições de sol quanto de sombra, fato que possibilita maior crescimento em sistemas mais dinâmicos, mais perturbados e, por isso, com diferentes níveis de luminosidade. Sendo assim podendo ser plantada em qualquer local dentro da 'Cabruca', visto que para exploração econômica da base alimentar e medicinal dessa espécie, não é necessária destruição da árvore, mantendo, ainda, o carbono fixado. Por outro lado, *C. legalis* e *C. echinata*, apresentam-se como espécies para serem cultivadas nas bordas da 'Cabruca', visto a sua melhor adaptação à luz no tocante a produção de biomassa, e também pelo fato de que a parte econômica a ser explorada dessas espécies é a madeira, por isso quando da colheita das árvores, menor será o impacto sobre as espécies de menor porte, ou seja, as que estarão sombreadas por elas, no caso específico da 'Cabruca', o cacauzeiro.

Com base nos resultados obtidos e nas condições em que o experimento foi realizado, foi possível concluir que: a) para as três espécies estudadas e nos dois experimentos realizados, o tratamento a pleno sol promoveu maior incremento em diâmetro e maior

acúmulo de biomassa; b) dentre todas as condições de sombreamento testadas, as plantas crescendo na 'Cabruca' (sob a sombra dos cacaueiros) apresentaram menor crescimento, avaliado por meio da massa seca de raízes, de caules, de folhas e total, do diâmetro e da taxa de crescimento relativo; e c) dentre as espécies analisadas, *G. americana* foi a que apresentou a maior plasticidade fenotípica com relação à adaptação em ambientes de sol e sombra.

6. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESTADO. Ciência e meio ambiente. 2000. Disponível em: < <http://www.estadao.com.br> > Acesso em: 23 jan. 2004.
- ALEGRE, J. *et al.* Sequestramento de carbono con sistemas alternativos en el Peru. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, Ilhéus, Bahia 21 – 26 octubre 2002. **Anais...**, SBSAF. (CD-ROM).
- ALGER, K.; CALDAS, M. Cacau na Bahia: decadência e ameaça à Mata Atlântica. **Ciência Hoje**, v. 117, p. 28-35, 1996.
- ALMEIDA, D.S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Editus: Ilhéus, 2000. 130p.
- ALMEIDA, L.P. et al. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. Submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p. 83-88, 2004.
- ALMEIDA, L.S. et al. Crescimento de mudas de *Jacarandá puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidades. **Ciência Florestal**, v.15, n.3, p.323-329, 2005a.
- ALMEIDA, S.M.Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sobre diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.62-68, 2005b.
- ALVIM, P. de T.; PEREIRA, C. P. Sombra e espaçamento nas plantações de cacau no Estado da Bahia. **Relatório Anual do CEPEC 1964**. Ilhéus, CEPLAC, p.18-19, 1965.
- ALVIM, P. de T. Agricultura apropriada para uso contínuo dos solos na região Amazônica. **Espaço, Ambiente e Planejamento**, v.20, n.11, p.3-71, 1991.
- ALVIM, P. de T. Barreiras do desenvolvimento agrícola nas regiões tropicais da América Latina. SIMPÓSIO FLORESTAL NA BAHIA, 1., **Anais...**, p.65-78, 1980.
- ALVIM, R. O cacauero (*Theobroma cacao* L.) em sistemas agrossilviculturais. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU, 10., São Domingos, República Dominicana: **Anais...**, 1988, p.3-14.
- BAHIA, GOVERNO DO ESTADO. Superintendência de Recursos Hídricos - Universidade Estadual de Santa Cruz. **Caracterização Climatológica**: Programa de Recuperação das Bacias dos Rios Cachoeira e Almada. Volume I, Tomo III. 2001.
- BARKER, M.G.; PRESS, M.C.; BROWN, N. D. Photosynthetic characteristics of dipterocarp seedlings in three tropical rain forest light environments: a basis for niche partitioning? **Oecologia**, v.112, p. 453- 463, 1997.
- BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região Tropical. In: ALVAREZ V, V.H. et al. **Tópicos em Ciência do Solo II**. Viçosa: SBCS, 2002. p.487-592.
- BASTOS, E. **Cacau**: a riqueza agrícola da América. São Paulo: Ícone, 130p, 1987.

- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.287-310, 1980.
- BLANES, J. Jr. et al. Associativismo, sistemas agroflorestais e produção orgânica: uma estratégia para conservação e desenvolvimento no contexto rural da região cacauzeira da Bahia. In: UZÊDA, M. C. et al. **O desafio da agricultura sustentável: alternativas viáveis para o Sul da Bahia**. Ilhéus: Editus, p.102-114, 2004.
- BOHLMAN, S.A.; MATESON, T.J.; NADKARNI, N.M. Moisture and temperature patterns of canopy humus and forest floor soil of a montane cloud forest, Costa Rica. **Biotrópica**, v.27, n.1, p.13-19, 1995.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. EMBRAPA-CNPQ, Brasília-DF.1994.640p,
- CHANG, Y.M. Seqüestro florestal de carbono no Brasil – dimensões políticas sociológicas e ecológicas. In: SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. **Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba-PR, AM Impressos, p.15-38, 2004.
- CHAZDON, R.L.; FETCHER, N. Photosynthetic light environment in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.72, p.553-564, 1984.
- CLARK, D.B. et al. Landscape-scale evaluation of understorey light and canopy structure: methods and application in a neotropical lowland rain forest. **Canadian Journal of Forest Research**, v.26, p.747-757, 1996.
- CLAUSSEN, J.W. Acclimatation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v.80, n. 1/3, p. 245-255, 1996.
- CLEVELARIO JR. J. **Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano**. 1996. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viscosa, 1996.
- COMPANHIA DAS DOCAS DO ESTADO DA BAHIA. Estatística dos principais produtos movimentados. 2002. Disponível em: <<http://www.codeba.com.br/portoilheus>> Acesso em: 23 jan. 2003.
- CORREIA, F. **A reserva da biosfera da Mata Atlântica**. Caderno nº 2. Série Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São Paulo-SP, 1996. 27p.
- DUZ, S.R. et al. 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.
- FALESI, I.C.; GALEAO, R. R. Recuperação de áreas antropizadas da mesoregião nordeste paraense através de sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., Ilhéus, Bahia 21 – 26 outubro 2002. **Anais...**, SBSAF. (CD-ROM).
- FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Influência do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenanthera pavonina* L. **Ciência Florestal**, v.13, n. 1, p. 49-56, 2003.

FAO. **Production Yearbook**. v. 54. Rome, 2002. 260p.

FELFILI, J. M. et al. Comportamento de plântulas de *Sclerobium paniculatum* Vog. Var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. Sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.2, p.297-301, 1999.

FENG, Y.L.; CAO, K.F.; ZHANG, J.L. Photosynthetic characteristics, dark respiration, and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, v.42, n.3, p.431-437, 2004.

FONSECA, S. de M.; DRUMMOND, J. A. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o seqüestro de carbono atmosférico. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**. v. 10, n.3, p.10 71-81, 2003.

GLISSSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001. 653p.

GIVINISH, T.J. Adaptations to sun and shade: a whole plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.15, p.63-92, 1988.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p.310-350. 2000.

HUNT, R. **Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p

ILLENSEER, R.; PAULILO, M.T.S. Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo. **Acta Botanica Brasílica**, v.16, n.4, 2002.

JANUÁRIO, M., VISWANADHAN, Y.; SENNA, R.C. Radiação solar total dentro de floresta tropical úmida de terra firme (Tucuruí, Pará). **Acta Amazonica**, v.22, p.335-340, 1992.

JOHNS, N.D. Conservation in Brazil's chocolate forest: the unlikely persistence of the traditional cocoa agroecosystem. **Environmental Management**, v.23, n.1, p.31-47, 1999.

KITAJIMA, K. Relative importance of photosynthetic traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia**, v.98, p.419-428, 1994.

KURSAR, T.A. Relating tree physiology to past and future changes in tropical rainforest tree communities. **Climatic Change**, v.39, p.363-379, 1998.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 506p.

LEAL, J.B. **Diversidade genética de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) resistentes à vassoura-de-bruxa com base em marcadores RAPD e microssatélites**. 2004.61f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2004.

- LEÃO, A.L.; ENGEL, V.L. Balanço de carbono em SAFs – Argumentos para redução do efeito estufa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., Ilhéus, Bahia 21 – 26 outubro 2002. **Anais...**, SBSAF. (CD-ROM).
- LEE, D.W., et al. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian *Hopea* species. **Oecologia**, v.110, n.1, p 01-09, 1997.
- LUNA, R.G. M. Aplicaciones metodológicas de valoración econômica de bienes y servicios ambientales derivados de bosques naturales y sistemas agroforestales. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4. Ilhéus, Bahia 21 – 26 outubro 2002. **Anais...**, SBSAF. (CD-ROM).
- LÜTTIGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer, 1995. 384p.
- MARTINEZ, C.A. Efeitos do aumento de CO₂ atmosférico no crescimento das plantas. **Revista Ação Ambiental**, n.21, p.16-19, 2001.
- MASCARENHAS, G. Atual conjuntura socioeconômica e ambiental da Região Sul e agricultura sustentável como uma alternativa concreta. In: UZÊDA, M. C. et al. **O desafio da agricultura sustentável: alternativas viáveis para o Sul da Bahia**. Ilhéus-BA: Editus, p.13-32, 2004.
- MOGUEL, P.; TOLEDO, V.M. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. **Conservation Biology**. v.13, n.1, p.11-21, 1996.
- NAIR, P.K. **The prospects for agroforestry in the tropics**. Word Bank Technical Paper. n.131, The World Bank, Washington, 1990.77p.
- NAMBIAR, E.K.S. Sustained productivity of Forest is a continuing challenge to Soil Science. **Soil Science Society American Journal**, v.60, p.1629-1642, 1996.
- NOBEL, P.S. **Physiochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press. 1991.635p.
- OSUNKOYA, O.O. et al. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance in northern Queensland. **Journal of Ecology**, v.82, p.149-163, 1994.
- PEIXOTO, L.G.; MARTINS, S.V.; SILVA, E. A problemática ambiental do efeito estufa. **Revista Ação Ambiental**, n. 21, p.11-13, 2001.
- PERFECTO, I. et al. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. **BioScience**, v.46, n.8, p.598-608, 1996.
- PETIT, C., THOMPSON, J.D.; BRETAGNOLLE, F. Phenotypic plasticity in relation to ploidy level and corn production in the perennial grass *Arrhetherum elatius*. **Canadian Journal of Botany**, v.74, p.1964-1963, 1996.
- PIMENTEL, D. et al. Conserving biological diversity in agricultural/ Forest systems. **BioScience**, v.42, n.5, p.354-362, 1992.

- PINAZZA, L.A., ALIMANDRO, R. Uma longa crise: a saga do cacau no Brasil e no mundo se espalha em uma cronologia de altas e baixas. & Gosto de vitória: desmancha-se a densa nuvem cinzenta que paira sobre as perspectivas da cacauicultura baiana. **Agroanalysis**, v.9, n.21, p.59-66, 2001.
- POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E.S.Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.4, n.2, p.564-569, 1992.
- POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. **Functional Ecology**, v.13, n.3, p. 396-410, 1999.
- PORTELA, R.C.Q.; SILVA, I.L.; PINÁ-RODRIGUES, F.C.M. Crescimento inicial de Mudas de *Clitoria fairchildiana* Howard e *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub em diferentes condições de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.11, n.2, p.163-170, 2001.
- RAWAT, J.S. SINGH, T.P. Seedling indices of four tree species in nursery and their correlations with field growth in Tamil Nadu, Índia. **Agroforestry Systems**, v.49, p.289–300, 2000.
- REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; VALENTE, O.F. Potencial de seqüestro de carbono pelas florestas brasileiras. **Revista Ação Ambiental**, n.21, p.20-25, 2001.
- RIBEIRO, C.A.A.S.; JACOVINE, L.A.G. Seqüestro de carbono. **Revista Ação Ambiental**, n.21, p.2001.
- RICE, R.A.; GREENBERG, R. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. **Ambio**, v.29, n.3, p.167-173, 2000.
- ROCHA, M.T. Mudanças climáticas e mercado de carbono In: SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M.A. **Fixação de Carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba-PR, AM Impressos, p 39-54, 2004.
- ROSA, I. S. **Enxertia do cacauero**. Ilhéus: CEPLAC/SUBES/CEPEC. 1998. 42p.
- SAMBUICHI, R.H.R. **Ecologia da vegetação arbórea de Cabruca - Mata Atlântica raleada utilizada para cultivo de cacau – na região Sul da Bahia**. 2003. 140f. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Ciências Biológicas. Universidade de Brasília, Brasília, 2003.
- SAMBUICHI, R.H.R. Fitossociologia e diversidade de espécies arbóreas em cabruca (Mata Atlântica raleada sobre plantações de cacau) na região sul da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.16, n.1, p.89-101, 2002.
- SANTOS, M.A. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa Derivadas de Hidrelétricas**. 2000. 147p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- SCALON, S.P.Q. et al. Desenvolvimento de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. **Ciência Agrotecnica**, v.30, n.1, p.166-169, 2006.

- SILVA, L.F.; MENDONÇA, J.R. Mata Atlântica do Sudeste da Bahia: interação ambiental e deterioração do ecossistema. **Revista Especiaria**. v.1, n. 2, 1998.
- SILVA, M.L.; JACOVINE, L.A.G.; VALVERDE, S.R. Oportunidade para o setor florestal brasileiro com o advento do mercado de créditos de carbono. **Revista Ação Ambiental**, n.21, p.14-16, 2001.
- SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D. *et al.* Experiências florestais na Amazônia brasileira: restrições e oportunidades. In: **Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil**. 1998. 146p.
- SOARES, C.P.B.; OLIVEIRA, M.L.R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.533-539, 2002.
- SOUZA JR. J. O. **Fatores edafoclimáticos que influenciam a produtividade do cacau cultivado no sul da Bahia, Brasil**. 1997. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- SOUZA, C.A.S.; DIAS, L.A.S. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In.: DIAS, L.A.S., ed. **Melhoramento genético do cacau**. Viçosa, FUNAPE, UFV, p.1-47, 2001.
- STURION, J. A. Influência da profundidade de semeadura, cobertura do canteiro e sombreamento, na formação de mudas de *Prunus brasiliensis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.1, p.50-75, 1980.
- SWAINE, M.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, v.75, p.81-86, 1988.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta atlântica montana. **Revista Brasileira de Biologia**, v.59, n.2, 1999.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: ArtMed., 2004. 719p.
- THOMAS, W.W.; CARVALHO, A.M. **Projeto Mata Atlântica Nordeste: estudo fitossociológico de Serra Grande, Uruçuca-BA**. In: Congresso Nacional de Botânica. Resumos, P 23, 1993.
- TREVIZAN, S.D.P. **Mudanças no Sul da Bahia associadas a Vassoura-de-Bruxa do cacau**. In: International Cocoa Research Conference, 12, Salvador-1996. Proceedings, Logos: Cocoa Producers Alliance, p. 1109-1116, 1996.
- WELANDER, N.T.; OTTOSSON, B. The influence of low light, drought and fertilization on transpiration and growth in young seedlings of *Quercus robur* L. **Forest Ecology and Management**. v.127, n.1/3, p.139-151, 2000.
- UZÊDA, M.C. Agroecologia: nova forma de análise no resgate da diversidade. In: UZÊDA, M. C. et al.. **O desafio da agricultura sustentável: alternativas viáveis para o Sul da Bahia**. Ilhéus-BA: Editus. p123-131, 2004.

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, n.7, p.1925-1936, 2000.

VALVERDE, S.R.; REZENDE, J.L.P.; CARVALHO, R.M.M.A. Mercado de créditos de carbono. **Revista Ação Ambiental**, n.21, p.8-11, 2001.