

EVARISTO MAURO DE CASTRO

ESTUDO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Muntingia calabura* L. EM FUNÇÃO DE TIPOS DE SUBSTRATOS E NÍVEIS DE IRRADIÂNCIA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. AMAURI ALVES DE ALVARENGA

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1995

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Castro, Evaristo Mauro de.

Estudo de algumas características ecofisiológicas na produção de mudas de *Muntingia calabura* L. em função de tipos de substratos e níveis de irradiância. / Evaristo Mauro de Castro. -- Lavras : UFLA, 1995.

48 p. : il.

Orientador: Amauri Alves de Alvarenga.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Calabura - Muda - Produção. 2. Substrato.
3. Luz. 4. Irradiância. 5. Radiação fotossinteticamente ativa. 6. Ecofisiologia vegetal. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

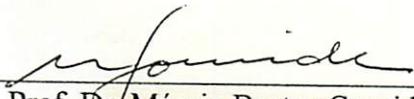
CDD-583.17041

EVARISTO MAURO DE CASTRO

**ESTUDO DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS ECOFISIOLÓGICAS NA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Muntingia calabura* L. EM FUNÇÃO DE
TIPOS DE SUBSTRATOS E NÍVEIS DE IRRADIÂNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de "Mestre".

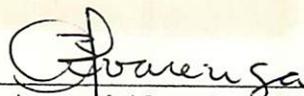
APROVADA em 07 de Agosto de 1995



Prof. Dr. Márcio Bastos Gomide



Prof. Dr. Enivans de Abreu Vilela



Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga
(Orientador)

A Deus

Aos meus pais José Estevam de Castro Filho e Terezinha

A minha esposa Leide

Aos meus filhos Lucas e Matheus

DEDICO

Aos meus avós, Alzira e José Estevam, Ana e José Galdino

Ao meu sogro Américo e minha sogra Deozette

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Biologia pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Dr. Amauri Alves de Alvarenga pela orientação, apoio, paciência, dedicação, compreensão e amizade demonstradas durante a execução deste trabalho e de todo o curso.

Ao Professor Dr. Márcio Bastos Gomide pelo apoio, ajuda e sugestões apresentadas durante toda a execução do experimento, pela amizade e paciência e pelos exemplos de honestidade e integridade demonstrados.

Ao Professor Dr. Enivanis Abreu Vilela, pelos valiosas sugestões apresentadas a este trabalho.

Ao Professor Manoel Gavilanes Losada pela confiança, oportunidade, estímulo e amizade.

Aos Professores José Eduardo B.P. Pinto, Sebastião Rosado e Vânia Deia, pelo apoio e amizade.

Aos Professores do Curso de Fisiologia Vegetal pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial Dartanhã, Evaristo, Joel Donizete, Izonel e Odorêncio pela ajuda durante o curso.

Aos funcionários da Biblioteca Central da UFLA pelo apoio e colaboração.

A minha esposa Leide, pelo apoio, compreensão e incentivo sem os quais não chegaria até aqui.

A meus filhos Lucas e Matheus pelo carinho, paciência e compreensão.

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo, confiança e apoio.

Aos meus sobrinhos, cunhados e cunhadas pelo carinho e incentivo.

Aos amigos Arie F. Blank e Maria de Fátima Arrigoni Blank, Sérgio, Moemy, Marly, Paulo, Luciano, Urquisa, José Antônio Rosado, Sebastião Rosado e Evanilde, Gidelma, Sônia, Eduardo Colombo, Madalena e Dulcimara pela amizade e apoio.

Aos amigos Arie e Maria de Fátima Arrigoni Blank pelo apoio, ajuda e sugestões apresentadas à este trabalho e pela sólida amizade durante todo o curso.

À FAEPE/CEMIG pelo apoio financeiro.

A Dra. Eliane Botrel e aos funcionários do Hospital Vaz Monteiro pelo nascimento do meu filho Matheus.

Aos colegas dos cursos de Pós-Graduação pela convivência.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Descrição botânica, ecologia e utilidades	2
2.2 Substratos	4
2.3 Intensidade de luz e o crescimento das plantas	8
2.4 Luz e clorofila	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Considerações gerais e condução de cultivo	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Tipos de substratos	22
4.2 Características de crescimento em função dos níveis de radiação fotossinteticamente ativa	25
4.2.1 Matéria seca	25
4.2.2 Área foliar, razão de área foliar e área foliar específica	28
4.2.3 Altura	32
4.2.4 Diâmetro do caule	34
4.2.5 Taxa Assimilatória Líquida (TAL) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)	35
4.2.6 Clorofilas	37
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APÊNDICE	50

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Dados de temperatura, precipitação, insolação e umidade relativa observados durante o período de novembro/94 a fevereiro/95	15
2	Valores da análise química dos substratos utilizados no experimento	17
3	Valores médios das características de crescimento de mudas de calabura aos 130 DAS, cultivadas em diferentes substratos	22
4	Resultados médios de peso da matéria seca das folhas, do caule e da raiz por muda (g/planta), sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em 5 épocas com intervalo de 10 dias	26
5	Valores médios de peso da matéria seca total (g/planta) e da relação raiz/parte aérea, sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa e em 5 épocas com intervalo de 10 dias	27
6	Valores médios da distribuição de matéria seca para os diferentes órgãos das mudas de calabura, submetidas a diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em porcentagem do total, para os diferentes órgãos das mudas de calabura	30
7	Valores médios de área foliar total por muda, razão de área foliar e área foliar específica, sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em cinco épocas	31
8	Taxas de crescimento relativo e taxas assimilatória líquida (TAL) de mudas de calabura sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa	35
9	Teores de clorofilas a, b, total (mg.g ⁻¹ peso da matéria fresca) e relação clorofila a/b de mudas de calabura nos diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa	37

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Valores médios de distribuição de matéria seca, em porcentagem do total de mudas de calabura cultivadas a 100%, 67% e 48% da radiação fotossinteticamente ativa, em 5 épocas diferentes	29
2	Altura média (cm) de mudas de calabura sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa em diferentes épocas de avaliações	33
3	Diâmetro médio do caule (mm) das mudas de calabura sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa em diferentes épocas de avaliações	34

RESUMO

CASTRO, Evaristo Mauro de. **Estudo de algumas características ecofisiológicas na produção de mudas de *Muntingia calabura* L. em função de tipos de substratos e níveis de irradiância.** Lavras: UFLA, 1995. 48p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).*

O presente trabalho foi conduzido sob condições de laboratório e de viveiro no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com o objetivo de estudar diferentes tipos de substratos e níveis de irradiância no crescimento de mudas de calabura (*Muntingia calabura* L.). Este trabalho constou de duas fases consecutivas: a) observar o melhor tipo de substrato; b) avaliação dos níveis de irradiância no crescimento de mudas de calabura.

Foram utilizados 4 tipos de substratos (S_1 - material de subsolo: vermiculita: esterco bovino (40:40:20); S_2 - vermiculita: esterco bovino (80:20); S_3 - material de subsolo: esterco bovino (80:20) e S_4 - material de subsolo), sendo o cultivo das mudas realizado em tubetes. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em quatro repetições onde cada parcela foi constituída de três plantas. As avaliações relativas a altura, diâmetro do caule, peso de matéria seca total, folha, caule e raiz, área foliar, RAF e relação raiz/parte aérea foram realizadas aos 130 dias após a semeadura. Os resultados obtidos permitiram concluir que o substrato S_1 foi o que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas, levando-se em consideração as características morfofisiológicas avaliadas.

* Amauri Alves de Alvarenga: Membros da Banca: Márcio Bastos Gomide e Enivanis de Abreu Vilela.

Na segunda etapa, as mudas de calabura com 130 dias de idade, foram submetidas a três níveis de irradiância (pleno sol, 30 e 50% de sombreamento), correspondendo a 100%, 67% e 48% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). O experimento foi conduzido seguindo-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com três repetições. Cada repetição constituiu-se de 20 plantas. As avaliações relativas aos índices fisiológicos de crescimento tais como TAL, TCR, RAF, AFE, área foliar, altura, diâmetro de caule, peso da matéria seca das folhas, de caule e de raízes e total, razão raiz/parte aérea e distribuição de matéria seca entre os diversos órgãos foram realizadas em 5 épocas com intervalos de 10 dias. As avaliações dos teores de clorofilas foram realizadas aos 40 dias após a indução dos tratamentos de luz.

As plantas cultivadas a 100% da radiação fotossinteticamente ativa, em comparação com as cultivadas sob 67% e 48% da radiação fotossinteticamente ativa, apresentaram menor acúmulo de matéria seca total, menores valores de diâmetro de caule, altura e área foliar. Todavia, as maiores taxas assimilatória líquida (TAL) e distribuição de matéria seca para as raízes foram obtidas em plantas cultivadas a 100% da RFA. Com relação aos teores de clorofilas foram observadas tendências de queda com o aumento progressivo da intensidade luminosa, sendo os valores mais baixos observados nas plantas cultivadas a 100% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

SUMMARY

STUDY OF SOME ECOPHYSIOLOGICAL CHARACTERS ON THE PRODUCTION OF *Muntingia calabura* L. SEEDLING IN RELATION OF SUBSTRATE TYPES AND LEVELS OF IRRADIANCE.

The present study was conducted under laboratory and nursery conditions at the Biology Department of the Universidade Federal de Lavras (UFLA), with the aim of studying different types of substrates and levels of irradiance upon the growth of calabura (*Muntingia calabura* L.) seedlings. This study was carried out in two successive phases: a) observe the best kind of substrate; b) evaluation of irradiation levels upon the growth of calabura seedlings.

Four types of substrates were utilized [S₁ - subsoil material: vermiculite: cattle manure (40:40:20); S₂ - vermiculite: cattle manure (80:20); S₃ - subsoil material: cattle manure (80:20) and S₄ - subsoil material], being the growing of the cuttings accomplished in tublets. The experimental design utilized was the completely randomized, with four replications, where each plot was made up of three plants each. The evaluations relative to height, stem diameter, weight of total dry matter, leaf, stem and root, leaf area, LAR and root/shoot ratio were undertaken at 130 days after sowing. The results obtained allowed to conclude that the S₁ substrate was the one which afforded best development of the seedlings, taking into consideration the morphophysiological characteristics evaluated.

At the second steps, the calabura seedlings of 130 days of age were subjected to three levels of irradiance (full sunlight, 30 and 50% of shading), corresponding to 100%, 67% and 48% of the active photosynthetic radiation (APR). A split plot experimental design in randomized blocks with three replications was used. Each replication made up of 20 plants. The evaluations relative to the physiological indices of growth such as NAR, RGR, LAR, SLA, leaf

area, height, stem diameter, dry matter weight of leaves, stem, and total, root/shoot ratio and partitioning of dry matter among the several organs were made at 5 times with 10 days intervals. The evaluations of the chlorophyll contents were performed at 40 days after induction of light treatments.

The plants cultivated in 100% of APR full sunlight as compared with the ones grown under 67 and 48% of APR showed decreased total dry matter accumulation, decreased values of stem diameter, height and leaf area. However, the highest net assimilatory rates (NAR) and dry matter partitioning to roots were obtained in full sunlight grown-plants. Concerning the chlorophyll contents, trends to fall with increasing light intensity were observed, being the lowest values observed, on full sunlight - cultivated plants.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de implantar ou recompor áreas perturbadas, principalmente as de matas ciliares e de encostas, tem sido implementada nos últimos anos, tendo em vista as derrubadas indiscriminadas de matas e florestas, que têm trazido efeitos negativos ao equilíbrio e a dinâmica ambiental. Portanto, torna-se necessário conhecer os principais processos que envolvem a produção de mudas de espécies alternativas com potencialidades para o reflorestamento destas áreas. Uma alternativa seria a utilização espécies de rápido crescimento associado a um curto período de juvenilidade.

A *Muntingia calabura* L., apesar de ser exótica, é uma espécie tipicamente pioneira, de rápido crescimento e frutifica a partir do primeiro ano, conhecida como cerejeira das antilhas. As plantas apresentam longevidade média de 30 anos, seus frutos contém sementes numerosas e minúsculas, sendo os mesmos muito apreciados, por numerosas espécies de aves silvestres, servindo-se ainda como uma boa fonte de alimentos devido à intensa produção de frutos por um longo período do ano, podendo vir a ser utilizada em programas de reflorestamento.

Diante da inexistência quase que absoluta de informações a cerca desta espécie no que se refere a formação e produção de mudas, procurou-se neste trabalho, estudar diferentes substratos e níveis de radiação fotossinteticamente ativa no desenvolvimento de mudas de *Muntingia calabura* L.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição botânica, ecologia e utilidades

A calabura, *Muntingia calabura* L. (Elaeocarpaceae) é classificada por Fleming et al. (1985) como uma espécie pioneira neotropical. Segundo Germek (1975), é originária das Antilhas, onde também é conhecida por pau-de-seda.

As árvores são de porte regular, atingindo até quatorze metros de altura, porém, raramente alcançam mais de seis metros (Germek, 1975). O crescimento das plantas é muito rápido, comparável ao do eucalipto, atingindo facilmente quatro metros de altura em dois anos, sendo muito recomendável seu plantio onde se deseja sombrear com rapidez (Germek, 1975).

As folhas, de formato assimétrico, apresentam coloração escura na face adaxial e clara na face abaxial (Germek, 1975).

As flores são brancas, pequenas e, após a fecundação, os frutos se desenvolvem até à maturação, quando se apresentam em forma de uma baga vermelha, semelhante a uma pequena cereja, com casca mole, grossa, e resistente, contendo suco muito doce, agradável e muito nutritivo, considerado rico em vitamina C, ferro, fósforo e cálcio (Germek, 1975). Segundo Moreira e Germek (1979) e Bawa e Webb (1983), os frutos são apreciados por pássaros, pelo homem, por macacos, esquilos e morcegos.

O florescimento ocorre a partir de um ano de idade (Germek, 1975). As plantas florescem e frutificam durante todo ano (Frankie et al, 1974; Bawa e Webb, 1983).

Laura (1993) estudou os efeitos de reguladores de crescimento, luz e temperatura, presença de inibidores nos frutos e o tempo de armazenamento das sementes de calabura sobre os processos de germinação. Neste estudo, concluiu-se que a giberelina (GA_3) estimulou a germinação, sendo a concentração ideal de 218,87 ppm. A temperatura ótima para a germinação das sementes está em torno de 25°C, sendo consideradas fotoblásticas positivas nesta temperatura. Após 60 dias da colheita as sementes perdem sua viabilidade. Uma outra característica importante desta espécie, é que os extratos de seus frutos inibem a germinação de sementes de alface.

Um fruto de 1,6 cm pode conter 4.450 sementes, e uma grama de sementes beneficiadas e secas contém 44.500 unidades (Germek, 1975).

A árvore é bastante ornamental, proporcionando boa sombra durante o ano todo. A madeira do tronco, sem gosto e sem cheiro, apresenta baixa densidade, porém firme e tenaz, de coloração clara, muito fácil de trabalhar, sendo própria para a fabricação de pequenos tonéis ou corotes, régua, caixas, engradados de embalagem de frutas, pois apresenta a vantagem de não empenar.

Testes realizados para a fabricação de papel, no Instituto Agrônômico, indicaram que a madeira fornece 43% de celulose de fibra curta, que, eventualmente, poderá ter as mesmas aplicações que a do eucalipto (Germek, 1875).

2.2 Substratos

Os substratos em geral têm como principal função dar sustentação às plantas, tanto do ponto de vista físico como químico. Geralmente são constituídos por três frações a física, biológica e a química. As frações físico-química, são formadas por partículas minerais e orgânicas, contendo poros que podem ser ocupados pela água e/ou ar. A fração biológica é caracterizada pela presença da flora microbiana, fundamental no processo de nutrição das plantas. O tamanho das partículas que definem a textura do substrato, afeta o desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular, em função da aeração do solo (Sturion, 1981).

Na escolha de um meio de crescimento, devem ser observadas as características físicas e químicas, o comportamento da espécie a ser plantada, além dos aspectos econômicos. Um substrato ideal deve apresentar uniformidade em sua composição, baixa densidade, porosidade, ter boa capacidade de campo e troca catiônica, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem, ser isento de pragas, de organismos patogênicos e de sementes espécies daninhas (Campinhos, Ikeemori e Martins, 1984).

O tipo de substrato e recipiente são fatores importantes no crescimento da muda na fase de viveiro e no campo (Brandi e Barros, 1971).

Dentre os substratos que podem ser utilizados na produção de mudas de espécies florestais, destacam-se a vermiculita, a compostagem orgânica, o esterco bovino, a moinha de carvão, o material de subsolo, a serragem, o bagaço de cana, a acícula de pinus e a turfa (Fonseca, 1988).

A vermiculita é um excelente condicionador do solo, podendo melhorar as suas propriedades físico-químicas e hídricas (Minami, 1984).

O principal valor do esterco não está apenas no fato dele ser um fornecedor de nutrientes às plantas. Tal função pode ser mais facilmente exercida pelos adubos minerais. Entretanto, o esterco contribui para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do substrato (Jorge, 1983).

Gomes e Couto (1986) destacaram que o substrato mais utilizado no pré-enchimento das embalagens plásticas, tem sido o material de subsolo. Geralmente o subsolo contém níveis mais baixos de nutrientes, que podem, entretanto, ser elevados facilmente aos desejados por meio da fertilização mineral. Por outro lado, este tipo de substrato poderá trazer alguns inconvenientes para o desenvolvimento das plantas, devido a presença de alguns minerais como manganês e alumínio que podem encontrar-se em níveis tóxicos. Quanto às propriedades físicas, o substrato deverá ser, de preferência, argilo-arenoso, a fim de que, retirado o saco plástico, no plantio, o bloco com a muda não se destorrea facilmente, ocasionando perdas de mudas no campo.

Fernandes et al. (1983), testando o efeito da utilização de diferentes dosagens e granulometrias de vermiculita no plantio de *Eucalyptus saligna* Smith, realizado no período não chuvoso do ano, concluíram que o percentual de falhas diminuíram com a adição crescente de vermiculita. A vermiculita com textura média é mais eficiente nas dosagens maiores, enquanto a textura fina é mais eficiente nas menores dosagens. Fernandes, Coutinho e Baena (1983), analisando o desempenho de alguns substratos para produção de mudas de *Eucalyptus saligna* em bandejas de isopor, verificaram efeitos favoráveis da vermiculita no desempenho dos substratos, sobretudo na fase de “arrancamento” das mudas.

Dias (1973), estudando a viabilidade de substituição do esterco de curral pela vermiculita em viveiros florestais, concluíram que em condições de sementeira, é possível a

substituição do esterco de curral pela vermiculita em mistura com solo de mata e solo de cerrado, para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus oocarpa*.

Gomes, Couto e Pereira (1985), estudando diferentes substratos para produção de mudas de eucalipto em tubetes plásticos e em bandejas de isopor do sistema plantágil, observaram que a vermiculita apresenta uma série de desvantagens, quando comparada com outros substratos. Os autores ainda observaram que misturas de vermiculita com 10% de esterco bovino, com 20% ou 40% de turfa ou com 10 e 20% de material de subsolo apresentavam valores maiores para o crescimento em altura. Porém, nenhum desses tratamentos apresentou mudas com sistema radicular bem agregado ao substrato, além de mostrar sintomas de deficiência de boro e zinco. Esse problema já havia sido observado por Pessoti (1984), segundo o qual, a vermiculita atua como um substrato praticamente inerte, sendo necessários o fornecimento e o balanceamento dos nutrientes essenciais por meio de adubações, para se obterem mudas de boa qualidade.

Neves et al. (1990) citado por Ferreira (1994), afirmam que as características químicas da vermiculita, como o excesso de magnésio em relação ao cálcio, excesso de potássio e, principalmente, uma grande carência de micronutrientes são muitas vezes limitantes ao crescimento das mudas. Portanto, para a melhoria das características químicas da vermiculita, a mesma tem sido empregada em mistura com material de subsolo, turfa, moinha de carvão ou outros materiais. Adiciona-se ainda à vermiculita, ou às misturas em que ela participa com predomínio, de doses elevadas de nitrogênio, fósforo e de potássio, além de soluções de micronutrientes.

Orlander e Due (1986) citado por Jesus et al. (1987), verificaram que o substrato influencia significativamente a translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera. Mudas de

Pinus silvestris L. produzidas em mistura contendo 60% de silte e 40% de turfa apresentaram uma translocação de água três vezes superior às mudas produzidas em substrato composto de 100% de turfa. As mudas que tiveram suas raízes mergulhadas em uma pasta siltica antes do plantio tiveram translocação de água dobrada. Concluíram que a principal resistência do substrato à absorção e translocação de água pelas plantas está localizada na superfície de contato raiz-solo. A utilização da turfa como substrato para produção de mudas é questionável em função de suas propriedades hidráulicas em condições de seca.

Jesus et al. (1987) estudando a influência do tipo de substrato, tamanho de recipiente e sombreamento no desenvolvimento da muda de louro (*Cordia trichotoma* (Vell) Arrab.) e Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium* Schatt), observaram que a utilização de recipientes de tamanho em torno de 16 × 28 cm e substrato contendo 50% de matéria orgânica curtida e 50% de terra arenosa, permitiram melhor desenvolvimento das mudas quando estas foram mantidas sombreadas.

Para a produção de mudas de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), Müller (1981) recomenda uma mistura, em volume de duas partes de esterco curtido de gado com oito partes de terra vegetal para enchimento dos sacos plásticos. Quando se utilizar esterco de galinha, a mistura poderá ser constituída de uma parte de esterco para nove partes de terriço.

No cultivo de algumas fruteiras nativas da Amazônia, Müller, Kato e Duarte (1981) consideram que o crescimento das plantas é favorecido pela adição de esterco de gado curtido ao substrato contido em saco plástico.

Scalon e Alvarenga (1993), testando três níveis de irradiância (pleno sol, 30 e 50% de sombra), três tipos de substrato (subsolo puro, subsolo + NPK + esterco de curral e subsolo + NPK) no desenvolvimento de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth), concluíram

que o substrato constituído de material de subsolo + esterco de curral + NPK, foi o que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas.

2.3 Intensidade de luz e o crescimento das plantas ✓

A adaptação das plantas ao ambiente de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo que a luminosidade ambiental seja utilizada de maneira mais eficiente possível. As respostas destas adaptações serão refletidas no crescimento global da planta (Engel, 1989). Portanto, frequentemente, as análises de crescimento constituem medidas eficazes que são utilizadas para prever o grau de tolerância das diferentes espécies à luz e/ou à sombra (Engel, 1989).

O crescimento das plantas resulta de correlações internas envolvendo carboidratos, hormônios, água e minerais. Embora a fotossíntese seja considerada o mais importante processo fisiológico do crescimento (Koslowski, 1962), por fornecer a matéria prima necessária, o desenvolvimento de uma planta por outro lado, envolve importantes mecanismos regulatórios de conversão e distribuição de assimilados.

Os impulsos físicos, representados pelos fatores ambientais, constituem o sustentáculo do crescimento, entretanto a regulação biológica define seu padrão de expressão (Reis e Muller, 1979).

(A resposta do crescimento da parte aérea, em relação à intensidade de luz, é variável. Para mudas de *Acer saccharum* não foi verificado efeito significativo da intensidade de luz sobre o desenvolvimento em altura (Logan e Krotkov, 1968). Gordon (1969) encontrou plantas de *Betula alleghaniensis* apresentando maior crescimento em altura quando sombreadas.)

Phares (1971) verificou um maior crescimento em altura de *Quercus rubra* cultivada sob 30% de radiação plena do dia. Shirley (1929) encontrou um crescimento máximo em altura a 20% da radiação plena do sol para as seis espécies estudadas, incluindo agrícolas, típicas de sol, e florestais, tipicamente mais tolerantes ao sombreamento, sendo que decréscimos maiores da luminosidade reduziram rapidamente o crescimento. O mesmo autor discute a validade da característica altura utilizada isoladamente, uma vez que nem sempre é acompanhado de aumento de matéria seca, devendo-se apenas a um maior alongamento celular.

Inoue e Torres (1980) estudando o crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* sob dependência da intensidade luminosa, observaram as maiores alturas em plantas crescendo entre 25 e 9% da radiação plena do dia. *Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis* comportaram-se de maneira idêntica, ao crescimento em altura, tendo alcançado as maiores médias sob 31% da radiação plena do dia (Inoue, 1977). Já Scalon (1992) trabalhando com mudas de pau-pereira (*Platycomus regnelli* Benth), sob diferentes intensidades de irradiância encontrou maior crescimento em altura sob 50% de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Por outro lado, plantas de *Sesbania sesban* e *Cybistax antisyphilitica* apresentaram maiores alturas quando cultivadas sob 29% de RFA, enquanto que *Copaifera langsdorffii* não apresentou qualquer diferença nesta característica em função dos diferentes níveis de RFA utilizadas (Naves, 1993).

Gomes et al. (1979) observaram que em níveis de radiação até 60% da luz plena do dia não influenciaram, significativamente, nem o crescimento em altura e tão pouco os pesos de matéria seca das mudas de *Eucalyptus grandis*, em nenhuma das idades medidas aos 45, 60 e 75 dias após a semeadura.

A área foliar é uma característica de grande utilidade para se analisar a tolerância das espécies ao sombreamento, pois ela se correlaciona diretamente com a área de superfície fotossinteticamente útil. Esta característica tem sido considerada por muitos autores como índice de produtividade. O aumento da área foliar com o sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar rapidamente a superfície fotossintetizante, assegurando um maior aproveitamento das baixas intensidades luminosas, compensando assim, as baixas taxas fotossintéticas por unidade de área foliar, características das folhas de sombra (Boardman, 1977; Jones e McLeod, 1990). Então, a expansão foliar é influenciada, entre outros fatores, pela intensidade de luz.

Plantas de *Cybistax antisyphilitica* apresentaram maior área foliar sob 29% da RFA (Naves, 1993). Já *Schizolobium parahyba*, aumentou a área foliar com aumento do nível de sombreamento, atingindo um máximo a 70% de sombra (Ferreira, 1977). Esta característica tem sido observada em *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanedae* e *Amburana cearensis*, onde o sombreamento tem proporcionado aumento da área foliar (Engel, 1989). O mesmo foi observado com *Betula alleghaniensis* (Gordon, 1969) e *Acer saccharum* por (Logan e Krotkov, 1968). Porém não foi observada qualquer alteração nessa característica nos diversos níveis de sombreamento estudados para *Copaifera langsdorffii* (Naves, 1993), em *Erythrina speciosa* (Engel, 1989) e em *Platycamus regnelli* (Scalon, 1992). Entretanto, plantas de *Sesbania sesban* apresentaram uma maior área foliar quando cultivada à 100% de RFA (Naves, 1993).

O diâmetro do caule é uma característica de fácil determinação, pois não implica na destruição da planta e é bastante utilizado na avaliação do crescimento da planta. Ele tem sido reconhecido como um dos melhores, senão o melhor dos indicadores de padrão de qualidade de mudas.

O crescimento em diâmetro depende da atividade cambial, que por sua vez é estimulada por fotoassimilados e hormônios translocados das regiões apicais (Koslowski, 1962). Portanto, o crescimento em diâmetro é um bom indicador da assimilação líquida, porquanto depende mais diretamente da fotossíntese ocorrente.

Vários trabalhos têm demonstrado que o diâmetro do caule é influenciado pela luz. Naves (1993) verificou que ocorre um maior diâmetro do caule em *Sesbania sesban*, *Cybastax antisiphilitica* e *Copaifera langsdorffii*, quando cultivadas sob condições de maior disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Ferreira (1977) verificou que maiores intensidades de luz favorecem o crescimento em diâmetro do colo em *Schizolobium parahyba* e em *Hymenaea stygnocarpa*, enquanto para *Pelthophorum dubium* e *Enterolobium contortisiliguum*, o diâmetro do coleto não variou significativamente em função dos diferentes níveis de sombreamento.

Scalon (1992) constatou que o diâmetro de caule de muda de *Platycyamus regnelli* não alterou significativamente pelo sombreamento. Por outro lado, Engel (1989) verificou um maior diâmetro do caule a uma maior intensidade luminosa em *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanadae* e *Erythrina speciosa*, embora *Amburana cearensis* tenha alcançado os maiores diâmetros do caule quando cultivadas sob 82% de sombra.

A matéria seca total de uma planta é considerada o melhor índice fisiológico para se estudar o seu crescimento, por relacionar-se diretamente com fotossíntese líquida e pode ser útil na avaliação das condições relativas de luz que são requeridas pelas espécies (Logan, 1969).

(Jones e McLeod (1990), utilizando-se 5, 20, 53 e 100% de luz do dia, encontrou maior produção e acúmulo de matéria seca para *Sapium sebiferum* quando as mudas foram submetidas a pleno sol, enquanto que para *Fraxinus caroliniana* o acúmulo máximo de matéria

seca foi atingido a 53% da luz do dia. Estudos de Naves (1993) testando quatro níveis de RFA (29, 44, 66 e 100%) demonstraram que aos 150 dias de idade, as mudas *Sesbania sesban* apresentaram um incremento no acúmulo de matéria seca, conforme o aumento da porcentagem da RFA, sendo que as mudas de *Cybistax antisyphilitica*, apresentaram os maiores acúmulos de matéria seca total sob os extremos da RFA, ou seja, 100% e 29% da RFA. Por outro lado, as mudas de *Copaiifera langsdorffii* não apresentaram qualquer diferença quanto ao acúmulo de matéria seca.

(Ferreira (1977) e Ferreira et al. (1977), utilizando sombreamento de 70, 50, 25 e 0%, concluíram que a produção de matéria seca total em mudas de faveira (*Peltophorum dubium*) foi maior sob 25% em relação a 70% de sombreamento, e em mudas de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), foi maior sob 0% em relação a 50% de sombreamento, enquanto que mudas de guapuruvu (*Schizolobium parahyba*) e tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) não responderam ao sombreamento quanto ao peso de matéria seca total das plantas.)

(A distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos das plantas é outra característica importante que favorece a compreensão do comportamento vegetal, quando submetido a diferentes condições de cultivo. A relação de distribuição de matéria seca entre raiz/parte aérea, tem sido considerada como um dos mais eficientes critérios para avaliação da qualidade da muda. A raiz e a parte aérea da planta estão em constante competição por assimilados necessários ao seu desenvolvimento, e essa relação pode servir como base para identificação dos fatores ambientais e químicos que influenciam o crescimento dessas partes (Aung, 1974, citado por Ferreira, 1977). Logan e Krotkov (1969) mostraram que em *Acer saccharum*, um aumento na relação raiz/parte aérea com o aumento da intensidade luminosa, indica evidentemente, um aumento progressivo na proporção de fotoassimilados translocados)

para as raízes. Resultados com tendências semelhantes foram confirmados por Gordon (1969) trabalhando com *Betula alleghniensis*, *Enterolobium contortisiliguum* e *Pelthophorum dubium* (Ferreira, 1977), e em *Pinus strobus* (Shiroya et al., 1962, citado por Ferreira, 1977).

2.4 Luz e clorofila

Embora ocorram vários tipos de clorofila no reino vegetal, são as clorofilas a e b que apresentam a maior importância para os vegetais superiores (Kramer e Koslowski, 1960).

Com relação ao teor destes pigmentos e anatomia da folha, verifica-se geralmente que as folhas de plantas umbrófilas são mais delgadas e seus cloroplastos são maiores e mais ricos em clorofila que as plantas heliófilas. As plantas umbrófilas contêm uma proporção mais alta de clorofila b em relação a clorofila a. Estas diferenças têm sido observadas em folhas de sol e de sombra de muitas espécies, bem como em uma mesma espécie quando cultivada em diferentes intensidades de luz (Boardman, 1977).

Vários fatores internos e externos afetam a formação da clorofila, e por isto, os quantitativos e as proporções relativas dos pigmentos variam com as espécies, o meio e a idade das folhas (Kramer e Koslowski, 1960). Entre estes fatores, a luz constitui-se essencial à síntese deste pigmento (Whatley e Whatley, 1982).

Segundo Kramer e Koslowski (1979), a clorofila está sendo constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz. Assim, sob intensidades luminosas muito altas ocorre uma decomposição líquida e o equilíbrio é estabelecido a uma concentração mais baixa. Portanto, folhas sob condições de sombra possuem uma concentração maior de clorofilas.

Boardman (1977) cita que folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz apresentam mais clorofila por unidade de peso ou unidade de volume de folha, porém, o teor de clorofila por unidade de área de superfície é muito frequentemente mais baixo em comparação às folhas de plantas cultivadas sob intensidade mais alta de luz. Assim, os aumentos no tamanho dos cloroplastos e na quantidade de clorofilas por cloroplastos nas plantas de sombra são mais do que compensado pelo decréscimo no número de cloroplastos por unidade de área foliar.

De uma maneira geral considera-se também que a razão entre clorofilas a e b tende a diminuir com a diminuição da intensidade luminosa (Boardman, 1977; Kramer e Koslowski, 1979). Vários autores têm relatado uma diminuição da razão clorofila a/b em folhas submetidas a menores intensidades luminosas (Bjorkman e Holmgren, 1963; Tinoco e Vazquez-Yanes, 1985; Engel, 1989), entretanto outros não encontraram diferenças entre estas relações (Inoue, 1983; Nygreen e Kellomaki, 1983,84).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Considerações gerais e condução de cultivo

O presente trabalho foi realizado durante o período de agosto de 1994 a fevereiro de 1995, sob condições de laboratório e de viveiro no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais. A localidade situa-se na região Sul do Estado de Minas Gerais, à 918 m de altitude, latitude 21°14'S e longitude 45°00'Gr.

Este trabalho constou de duas fases consecutivas, sendo a primeira realizada no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas (LEPP), no período de agosto/94 à outubro/94 e a segunda no viveiro (novembro/94 a fevereiro/95). Os dados climáticos constantes da Tabela 1, foram fornecidos pelo Setor de Bioclimatologia da Universidade Federal de Lavras.

TABELA 1. Dados de temperatura, precipitação, insolação e umidade relativa observados durante o período de novembro/94 a fevereiro/95.

Mês/ano	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Insolação (horas)	UR média (%)
	Máxima	Média	Mínima			
Nov/94	27,9	21,9	17,5	127,4	165,0	72,6
Dez/94	29,0	22,6	18,2	316,8	180,7	75,5
Jan/95	30,3	23,7	18,9	200,2	221,5	70,9
Fev/95	27,5	21,8	18,0	325,7	129,8	77,8

Fonte: Setor de Bioclimatologia da UFLA.

As sementes de *Muntingia calabura* L. utilizadas foram obtidas de uma planta matriz existente próxima ao Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas (LEPP), do Departamento de Biologia.

Os frutos de *Muntingia calabura* L. foram colhidos e processados conforme descrito por Laura (1993), em agosto de 1994, sendo a semeadura realizada 24 horas após, em duas caixas plásticas de 40 cm de comprimento \times 30 cm de largura \times 10 cm de altura, contendo areia lavada como substrato. Estas foram transferidas para a sala de crescimento no LEPP, onde continha as seguintes características: stands contendo lâmpadas Grow-Lux fluorescentes de 40 W tipo "luz do dia", fornecendo uma irradiância de $100 \text{ m.mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ com fotoperíodo de 12 horas. As temperaturas médias das máximas e mínimas foram respectivamente de 27°C e 18°C . As sementes germinaram após 10 dias de semeadas. Aos 30, 40 e 50 dias após a semeadura as caixas plásticas contendo as plântulas, receberam 10, 15 e 20 ml de solução nutritiva completa de Johanson (1957) modificada, respectivamente, e estes volumes completados para 1 litro com água destilada, os quais foram distribuídos em cada caixa plástica. Aos 65 dias após a semeadura, procedeu-se a repicagem das mudas para os tubetes, observando-se características como uniformidade em tamanho e vigor das mudas, as quais continham, em média 1 cm de altura. Três dias antes da repicagem, aplicou-se uma solução de NPK (4-14-8), diluída em água de irrigação, na dosagem de 0,40 g por recipiente.

Utilizou-se como recipiente o tubete de polipropileno de 55 g de peso, cujas dimensões foram: 62 mm (externa), 52 mm (interna) e 190 mm (altura), com capacidade para 288 cm^3 . Os tubetes foram colocados em bandeja plana de tamanho de $625 \times 395 \times 18 \text{ mm}$, com capacidade para 54 tubetes.

Os substratos puro ou em mistura, utilizados para o enchimento dos recipientes, foram vermiculita, esterco bovino e terra de subsolo.

Os resultados das análises química dos substratos utilizados, encontram-se na Tabela 2.

Os tratamentos referentes aos substratos e suas proporções quanto ao volume, foram:

S₁ - material de subsolo/ vermiculita/ esterco bovino (40:40:20);

S₂ - vermiculita/ esterco bovino (80:20);

S₃ - material de subsolo/ esterco bovino (80:20);

S₄ - material de subsolo.

A vermiculita utilizada foi a de granulometria fina com densidade aparente de 125 kg/m³.

TABELA 2. Valores da análise química dos substratos utilizados no experimento*.

Parâmetros	Substratos		
	Vermiculita	Subsolo	Esterco
pH em água	5,9 AcM	4,9 AcE	7,6 AIF
P (ppm)	36 A	1 B	448 A
K (ppm)	105 A	8 B	1680 A
Ca (meq/100 cc)	0,9 B	0,4 B	3,8 M
Mg (meq/100 cc)	5,5 A	0,2 B	3,4 A
Al (meq/100 cc)	0,1 B	0,1 B	0,0 B
H + Al (meq/100 cc)	0,9 B	2,9 M	0,7 B
S (meq/100 cc)	6,7 A	0,6 B	11,5 A
t (meq/100 cc)	6,8 A	0,7 B	11,5 A
T (meq/100 cc)	7,6 M	3,5 B	12,2 A
m (%)	1 B	14 B	0 B
V (%)	88 A	18 MB	94 MA

* Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, 1994.

O esterco bovino curtido e peneirado.

Com relação ao material de subsolo, utilizou-se um Latossolo Vermelho Escuro (LVE) fase cerrado, retirado a 30 cm abaixo da camada arável.

Após a repicagem das plântulas, estas permaneceram na sala de crescimento com irradiância de $100 \text{ m.mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, sob fotoperíodo de 12 horas e as temperaturas máximas e mínimas foram respectivamente, de 27°C e 18°C , por 15 dias. Após este período as plântulas foram submetidas a um nível de 50% de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), no viveiro do LEPP, por um período de 50 dias. Neste estágio, procedeu-se as avaliações de altura, diâmetro do caule, peso da matéria seca das folhas, caules e raízes, área foliar, peso de matéria seca total, relação raiz/parte aérea e razão de área foliar, a fim de se observar o melhor tipo de substrato.

Em seguida, as plantas foram submetidas a três níveis de irradiância, obtidos por cobertura com tela de nylon preto, conhecida comercialmente por “sombrite”, respectivamente com 30 e 50% de sombra, segundo especificações do fabricante, além de um nível a pleno sol (0% de sombra). As telas sombrite recobriram porções superior e lateral de mesas suspensas de madeira de 2,80 m de comprimento \times 1,40 m de largura \times 0,65 m de altura, as quais encontravam-se dispostas de tal forma que a maior medida estivesse na direção norte-sul, permitindo assim uma insolação mais uniforme nas plantas durante o dia. Foram realizadas irrigações regulares, visando manter o solo sempre com boa disponibilidade de água. Durante todo o crescimento das mudas, as plantas daninhas foram eliminadas manualmente a medida que surgiam. Com relação às pragas e doenças, não foi necessário nenhum tratamento fitossanitário preventivo ou curativo.

Os valores médios relativos à intensidade relativa de luz, observada em cada uma das mesas durante o período, foi de 48% na mesa com sombrite 50% e 67% na mesa com 30% de sombrite. Portanto, as porcentagens médias de sombreamento foram 52 e 33%, respectivamente.

Estas porcentagens de RFA foram conseguidas através da RFA fornecidas pelo porômetro de difusão Steady State marca LI-COR 16000M.

O delineamento estatístico escolhido foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 4 repetições para análises de crescimento em função do tipo de substrato.

Para as análises de crescimento em função dos níveis de irradiância, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com 3 repetições, onde os níveis da RFA (100%, 67% e 48%) representaram as parcelas e os períodos de amostragem representaram as sub parcelas. Cada repetição constitui-se de 20 plantas. Foram amostradas, ao acaso, 4 plantas a cada 10 dias, exceto aquelas destinadas às medições de altura e diâmetro de caule, as quais foram identificadas para subseqüentes avaliações.

Durante o experimento foram analisadas as seguintes características: altura da planta, diâmetro do caule, peso da matéria seca de folhas, de caule e de raízes, área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e distribuição de matéria seca. As características avaliadas foram medidas em intervalos de 10 dias, a partir dos 130 dias após a semeadura. As medidas de altura (DAS) foram realizadas com auxílio de uma régua e o diâmetro do caule através de paquímetro com precisão de 0,01 mm.

A área foliar total por planta foi medida pelo método dos discos foliares (Benincasa, 1988). Para tanto, retirou-se um disco de cada uma das folhas, obtido por meio de um furador cilíndrico com diâmetro e área conhecida, os quais foram acondicionados em sacos de papel, identificados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 70°C até peso constante. De posse do peso da matéria seca, fêz-se uma regra de três simples entre este peso (PD), área dos discos (AD) e peso da matéria seca foliar (PF), a fim de se determinar a área foliar total (AFT).

$$AFT = \frac{AD \times PF}{PD}$$

Após a separação da planta em folhas, caule e raízes, as partes foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 70°C até peso constante. Após a secagem total, as partes foram pesadas para a quantificação da produção de matéria seca.

A taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e a razão de área foliar, foram calculadas segundo os modelos citados por Benincasa (1988), conforme as equações:

$$TAL = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln A_2 - \ln A_1}{A_2 - A_1} \text{ (g} \times \text{dm}^2 \times \text{dia)}$$

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \text{ (g} \times \text{g}^{-1} \times \text{dia)}$$

$$RAF = \frac{\text{Área Foliar}}{\text{MS Folha}} \times \frac{\text{MS Folha}}{\text{MS Total}} \text{ ((dm}^2 \times \text{g}^{-1})$$

onde:

P_2 = peso seco da planta no tempo t_2

P_1 = Peso seco da planta no tempo t_1

A_1 = área foliar no t_1

A_2 = área foliar no t_2

A distribuição de matéria seca entre os diferentes órgãos das plantas, foi calculado em porcentagem de matéria seca de cada órgão, em relação à matéria seca total, a cada época de avaliação.

As avaliações relativas aos teores de clorofilas foram realizadas a partir de amostras de 0,2 g, correspondentes aos folíolos completamente desenvolvidos e retirados de 5 plantas por parcela. As amostras dos folíolos foram retiradas aos 45 dias após a indução dos tratamentos de luz. Os folíolos foram envolvidos em papel alumínio, identificados e acondicionados em caixa de isopor resfriada com pedaços de gelo. Em seguida, os folíolos foram picados e homogeneizados em cadinho de porcelana com 8 ml de acetona a 80%, sendo as soluções transferidas para tubos plásticos envolvidos em papel alumínio, hermeticamente vedados com parafilm e levados à centrifugação por 5 minutos a 1.500 rpm.

A quantificação das clorofilas a, b e total, tornou-se possível com o emprego da metodologia proposta por Arnon (1949), após a obtenção dos dados de absorbâncias com base nas leituras espectrofotométricas a 663 e 645 nm, respectivamente para clorofilas a e b.

Os teores de clorofila (mg) por g de peso da matéria fresca do tecido foliar, foram obtidos utilizando-se das equações conforme Arnon (1949):

$$\text{Clorofila a} = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) \times V/1000.W$$

$$\text{Clorofila b} = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) \times V/1000.W$$

$$\text{Clorofila total} = (20,2 \times A_{645} + 8,02 \times A_{663}) \times V/1000.W$$

onde:

A = absorbância dos extratos no comprimento de onda determinado;

V = volume final do extrato de clorofila - acetona;

W = peso fresco em gramas do material vegetal utilizado.

As análises estatísticas sobre os teores de clorofila, foram obtidos a partir de 5 repetições, nos 3 tratamentos da Radiação Fotossinteticamente Ativa, através do delineamento estatístico inteiramente casualizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tipos de substratos

Os resultados relativos ao efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Muntingia calabura* com 130 dias de idade encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3. Valores médios das características de crescimento de mudas de calabura, aos 130 DAS, cultivadas em diferentes substratos.

Características Avaliadas	Substratos			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Altura	15,750000 a	10,875025 b	10,416676 b	6,258350 c
Diâmetro do caule	3,524975 a	2,933325 b	2,791650 b	2,150000 c
PMS Folha	0,384850 a	0,279325 b	0,268075 b	0,131050 c
PMS Raiz	0,226000 a	0,127925 b	0,151850 b	0,107600 c
PMS Caule	0,175750 a	0,107925 b	0,110925 b	0,058500 c
Área Foliar	0,950425 a	0,709550 b	0,619150 b	0,371125 c
PMS Total	0,786375 a	0,515175 b	0,530825 b	0,297175 c
Raiz/PA	0,401925 b	0,330825 c	0,402550 b	0,567850 a
RAF	1,212800 b	1,376975 a	1,168725 b	1,249600 b

Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando-se estes resultados, verifica-se que as plantas do substrato S₄ (material de subsolo) apresentaram um crescimento inferior as demais, demonstrando-se que, a ausência de

esterco bovino no substrato, prejudica a qualidade das mudas. Em relação as misturas testadas, o substrato S₁ (material de subsolo + vermiculita + esterco), mostrou-se superior aos demais com relação às características de crescimento avaliadas (Tabela 3). Os resultados obtidos podem estar associados com alteração da textura (maior e melhor distribuição dos poros), o que permitiu melhores desenvolvimento do sistema radicular. Segundo Sturion (1981), o desenvolvimento e a eficiência do sistema radicular é grandemente influenciado pela aeração do solo, pois o crescimento é um processo que requer energia e esta é obtida pelas células das raízes através do processo respiratório. O oxigênio necessário é retirado do ar presente nos interstícios existentes entre as partículas sólidas do substrato.

Por outro lado, estas mesmas características avaliadas não diferiram entre si comparando-se mudas produzidas sob o substrato S₂ (vermiculita + esterco bovino) e substrato S₃ (material de subsolo + esterco bovino), indicando a possibilidade de substituir o material de subsolo pela vermiculita em mistura com esterco bovino, reduzindo com isto o preço por muda devido ao elevado preço da vermiculita.

Dias (1993) mostrou a possibilidade de substituir o esterco de curral pela vermiculita, em condições de sementeiras, para produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus oocarpa*, em mistura com solo de cerrado e mata. Esses resultados estão de acordo com os de Gomes et al. (1985), os quais observaram que as misturas de vermiculita com esterco bovino ou com material de subsolo, promoveram maior crescimento das plantas de *Eucalyptus grandis*.

Diante dos resultados que se encontram na Tabela 3, e conforme as informações na literatura (Kramer, 1969 e Slatyer, 1967), pode-se confirmar a importância dos nutrientes da solução do solo, as quais proporcionam alterações no potencial hídrico, osmótico do solo e celular, favorecendo a absorção de água e, conseqüentemente, no aumento do volume celular.

Na Tabela 3, verifica-se ainda diferenças significativas na relação raiz/parte aérea, com base no peso da matéria seca, em relação aos tipos de substratos estudados. Mudanças produzidas no substrato S₄ (material de subsolo), apresentaram maior relação quando comparadas com mudas produzidas nos substratos S₁, S₂ e S₃. Entretanto comparando com as produzidas nos substratos S₁ e S₃, não foi observada nenhuma diferença, sendo a menor relação observada para o substrato S₂.

Estes resultados estão de acordo com as informações da literatura (Sturion, 1981), onde as raízes se desenvolvem melhor em solos mais férteis, onde o crescimento da parte aérea é mais estimulado, resultando numa razão raiz/parte aérea menor, que a encontrada em solos mais pobres.

Conforme se observa na Tabela 3, a razão de área foliar foi mais elevada para as mudas produzidas no substrato S₂, em relação aos demais substratos. Observa-se que este aumento ocorreu principalmente em decorrência do menor acúmulo de matéria seca na raiz. Fonseca (1988) observou baixa qualidade das mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em substratos com predominância de vermiculita, mesmo no caso dos tratamentos com maior crescimento em altura, principalmente em razão da baixa agregação do sistema radicular, e/ou aparecimento de sintomas de deficiências nutricionais.

Pessotti (1984) constatou a necessidade de um adequado fornecimento e balanceamento de nutrientes, para que mudas de eucalipto se desenvolvessem satisfatoriamente em vermiculita. Esse autor recomenda, em seu estudo, a adição de 5% em volume de esterco de curral, associado à adubação de NPK (10-30-10), à mistura com fertilizantes contendo B, Cu, Zn, Fe e Mn. Entretanto, nenhuma dessas variáveis deve ser usada como critério único para

classificação de mudas, pois as variáveis mencionadas sofrem acentuada influência de técnicas de manejo e do processo de produção de mudas.

4.2 Características de crescimento em função da radiação fotossinteticamente ativa.

4.2.1 Matéria seca

O resumo da análise de variância para os dados de todas as características de crescimento, avaliadas neste estudo, encontram-se no apêndice.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados do peso da matéria seca das folhas, caule e da raiz, e a Tabela 5 do peso da matéria seca total e da relação raiz/parte aérea, conforme os intervalos de tratamento de luz.

Conforme se observa na Tabela 4, as mudas apresentaram diferenças significativas, de acordo com as épocas de indução de luz na produção de matéria seca das folhas e do caule. Entretanto, não houve diferença significativa em relação a matéria seca da raiz, em resposta da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Na Tabela 5, verifica-se que as mudas produzidas a 100% da RFA (pleno sol), tiveram menor produção de matéria seca total em comparação com as 48% e 67% da RFA. Observa-se que essa queda no peso da matéria seca total da planta, deveu-se principalmente ao decréscimo que ocorreu no peso de matéria seca da folha e do caule (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados também em outras espécies (Gordon, 1969 e Jones e McLeod, 1990).

TABELA 4. Valores médios do peso da matéria seca das folhas, caule e da raiz por muda (g/planta), sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em 5 épocas com intervalo de 10 dias.

Épocas (dias após a indução trat ^a de luz)	Peso Matéria Seca Foliar			Peso Matéria Seca do Caule			Peso Matéria Seca Radicular		
	48%	67%	100%	48%	67%	100%	48%	67%	100%
0	0,3849 a D	0,3849 a D	0,3849 a D	0,1756 a E	0,1757 a E	0,1757 a E	0,2261	0,2261	0,2261
10	0,7439 a C	0,6673 ab C	0,6062 b C	0,4263 a D	0,3840 a D	0,3445 a D	0,5397	0,4839	0,4690
20	0,9497 a B	0,9212 a B	0,7842 b B	0,6528 a C	0,6482 a C	0,5251 b C	0,7949	0,8616	0,6758
30	1,0712 a AB	1,1211 a A	0,8307 b AB	0,9640 a B	0,9112 a B	0,6786 b B	1,0677	1,1292	0,9297
40	1,1238 a A	1,1198 a A	0,9467 b A	1,0423 a A	1,1188 a A	0,8866 b A	1,1752	1,2174	1,1659
Média	0,8547 a	0,8428 a	0,7106 b	0,6417 a	0,6588 a	0,5221 b	0,7607 ab	0,7837 a	0,6933 b

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

TABELA 5. Valores médios do peso da matéria seca total (g/planta) e da relação raiz/parte aérea, sob diferentes níveis de radiação fotosinteticamente ativa, em 5 épocas com intervalo de 10 dias.

Épocas (dias após a indução trat ^o luz)	Peso Matéria Seca Total			Relação Raiz/Parte Aérea		
	48%	67%	100%	48%	67%	100%
0	0,7867 a A	0,7867 a D	0,7867 a E	0,4039 a C	0,4039 a B	0,4039 a C
10	1,7098 a C	1,5353 a C	1,4197 a D	0,4611 a BC	0,4597 a B	0,4933 a B
20	2,3974 a B	2,4309 a B	1,9850 b C	0,4962 b AB	0,5496 a A	0,5164 ab B
30	3,0500 a A	3,2143 a A	2,4390 b B	0,5384 b A	0,5417 b A	0,6164 a A
40	3,3413 a A	3,4559 a A	2,9995 b A	0,5429 b A	0,5443 b A	0,6348 a A
Média	2,2570 a	2,2846 a	1,9260 b	0,4885 b	0,4998 ab	0,5330 a

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na horizontal, e maiúsculas na vertical diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve, uma variação na relação raiz/parte aérea, com base no peso seco, em função da RFA, sendo que as mudas crescidas sob 48% da RFA, tiveram essa relação significativamente menor, quando comparadas com mudas produzidas sob 100% da RFA (Tabela 5).

Considerando-se que com o aumento do nível da RFA, a produção de matéria seca da raiz tende a crescer, em maior proporção, em relação à produção de matéria seca da parte aérea, observa-se uma tendência de diminuição da relação raiz/parte aérea, com o decréscimo da RFA. Isso foi evidenciado neste trabalho, e estes resultados coincidem com dados de outras espécies (Gordon, 1969; Logan e Krotkov, 1969; Ferreira, 1977). A translocação de assimilados, segundo Shiroya et al. (1962), citado por Ferreira (1977), pode explicar esse desenvolvimento deficiente do sistema radicular de mudas sombreadas, pois a luz, conforme foi observado em *Pinus strobus*, tem efeito estimulante na translocação para raiz.

Observa-se pela Figura 1, que a distribuição da matéria seca em porcentagem do total, para os diferentes órgãos das mudas de calabura, também variou com os níveis da RFA. A porcentagem de matéria seca direcionada para as raízes aumentou com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa. O direcionamento para o caule foi maior na condição de 48% da RFA, e a alocação de matéria seca para as folhas apresentou-se com uma tendência de aumento, no nível de 48% da RFA (Figura 1), sem contudo, apresentar diferenças significativas entre os níveis da radiação fotossinteticamente ativa, (Tabela 6).

Estes resultados demonstram que mudas de calabura, sob os níveis de 67% e 48% da RFA, aumentam o teor de matéria seca no caule e folha, prejudicando com isso o desenvolvimento do sistema radicular. Os resultados obtidos, são semelhantes aos observados por Gordon (1969) em *Betula alleghaniensis*, que constatou uma maior porcentagem do peso de matéria seca em folhas e caules de plantas sombreadas, e maior porcentagem em raízes de plântulas não sombreadas.

4.2.2 Área foliar, razão de área foliar e área foliar específica

Na Tabela 7, são apresentados os resultados médios relativos a área foliar (AF), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE), num período de 40 dias após o início da indução dos tratamentos.

Para estas características, foram observadas diferenças significativas entre os diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (Tabela 7). As mudas de calabura apresentaram maior área foliar com o decréscimo da RFA, atingindo um máximo a 48% da RFA.

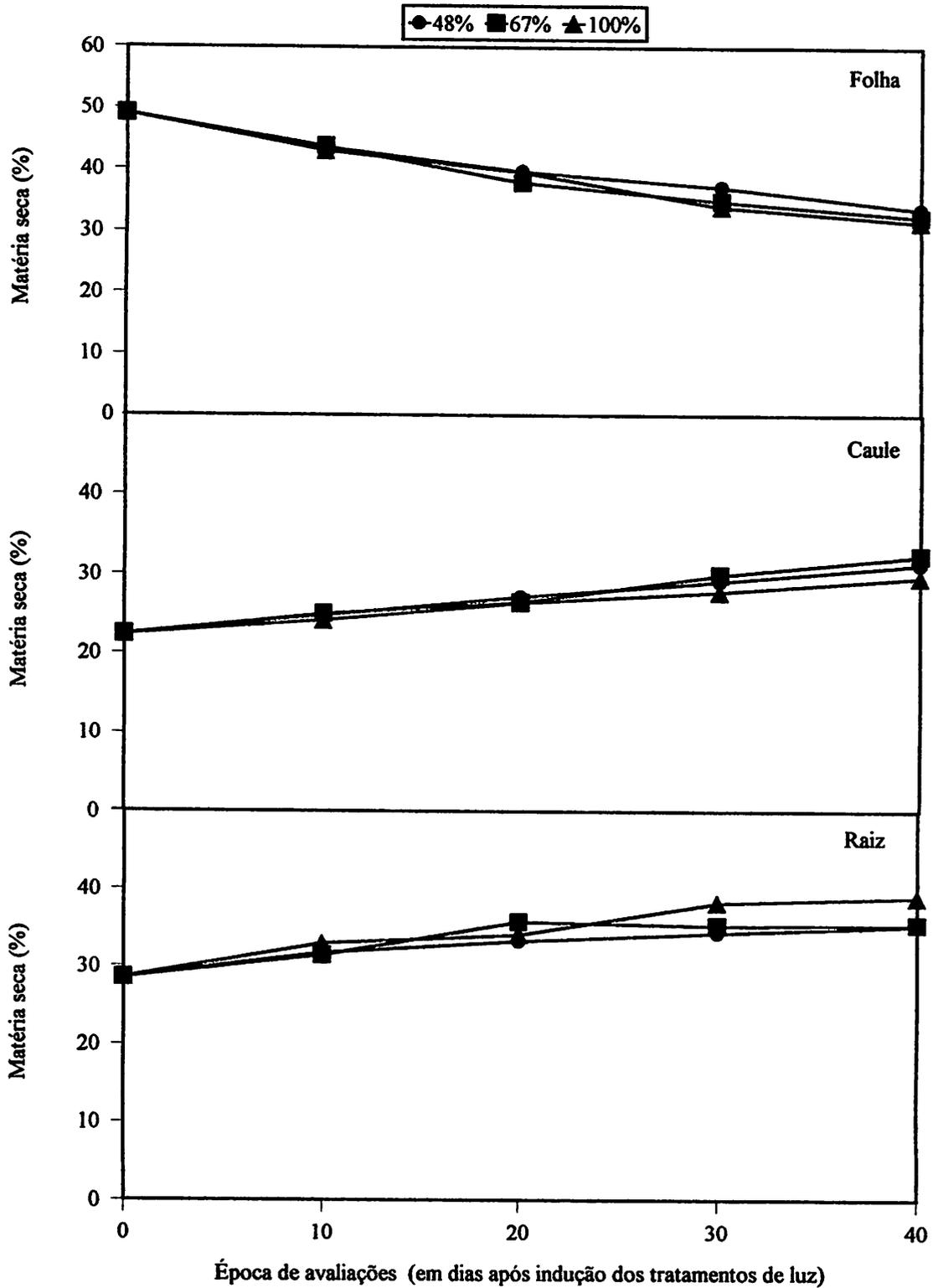


FIGURA 1. Valores médios da distribuição de matéria seca, em porcentagem do total de mudas de calabura, cultivadas a 100%, 67% e 48% da radiação fotossinteticamente ativa, em 5 épocas diferentes.

TABELA 6. Valores médios da distribuição de matéria seca para os diferentes órgãos das mudas de calabura, submetidas a diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em porcentagem do total.

Níveis da RFA	% Folha	% Caule	%Raiz
48%	40,6211 a	26,9072 ab	32,5733 b
67%	39,5723 a	27,1906 a	33,2322 ab
100% (pleno sol)	39,4536 a	26,0408 b	34,5102 a
Médias	39,8823	26,7129	33,4386

Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa-se pela Tabela 7 que esta maior área foliar sob 48%, também foi acompanhada de uma maior AFE, indicando que o aparelho fotossintético desta espécie sofreu ajustamento na estrutura foliar, devido à baixa disponibilidade de radiação. Resultados semelhantes foram obtidos em várias outras espécies, como o ocorrido em plantas de *Schizolobium parahyba*, onde a área foliar aumentou com nível de sombreamento, atingindo um máximo a 70% de sombra (Ferreira, 1977). Outras espécies como *Cydistax antisyphilitica*, a maior área foliar foi registrada sob 29% da radiação fotossinteticamente ativa (Naves, 1993), bem como em *Zeyhera tuberculosa*, *Tabebuia avellanedae* e *Amburana cearensis* (Engel, 1989). Gordon (1969) também verificou que em plantas de *Betula alleghaniensis* ocorrem aumentos na área foliar quando sombreadas. Porém para outras espécies tais como *Copaifera langsdorffii* (Naves, 1993), *Erythrina speciosa* (Engel, 1989), *Platycyanus regnelli* (Scalon, 1992), não foi verificada qualquer alteração nessa característica, em diversos níveis de sombra estudados. Contudo, em plantas de *Sesbania sesban* foram observados maior área foliar, quando cultivadas à 100% da radiação fotossinteticamente ativa (Naves, 1993).

TABELA 7. Valores médios de área foliar total por muda, razão de área foliar e área foliar específica, sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa, em cinco épocas.

Épocas (dias após a indução trat ^a de luz)	AF (dm ² /planta)			RAF (dm ² /g)			AFE		
	48%	67%	100%	48%	67%	100%	48%	67%	100%
0	0,9438 a D	0,9438 a D	0,9483 a B	1,2008 a A	1,2008 a A	1,2008 a A	2,4534 a A	2,4534 a A	2,4534 a A
10	1,4958 a C	1,1657 b C	0,9840 c B	0,8754 a B	0,7620 b B	0,6949 b B	2,0107 a B	1,7461 b B	1,6249 b B
20	1,7243 a B	1,5398 b B	1,0451 c B	0,7207 a C	0,6330 b C	0,5274 c C	1,8198 a C	1,6718 a BC	1,3351 b C
30	2,0467 a A	1,7567 b A	1,1205 c AB	0,6712 a CD	0,5466 b D	0,4590 c CD	1,9204 a BC	1,5667 b C	1,3480 c C
40	2,0082 a A	1,8293 b A	1,2614 c A	0,6010 a D	0,5292 b D	0,4208 c D	1,7880 a C	1,6346 b BC	1,3315 c C
Média	1,6438 a	1,4470 b	1,0709 c	0,8138 a	0,7341 b	0,6600 c	1,9985 a	1,8145 b	1,6186 c

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na horizontal, e maiúscula na vertical, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 7, verifica-se que sob 48% da RFA, a RAF foi durante todas as épocas de avaliações, superior às de 67% da RFA, e as de 67% da RFA superior as da 100% da RFA. Isto permite deduzir que a RAF declina a medida que a planta cresce. Segundo Alvim e Alvim (1969) e Benincasa (1988), a medida que aumenta a área foliar, a produção de matéria seca também aumenta. Mas, quando a área foliar atinge níveis muito elevado, pode ocorrer redução na produção de matéria seca, pois com o crescimento, aumenta a interferência de folhas superiores sobre as inferiores (auto-sombreamento), o que reduz a taxa fotossintética individual das folhas, a não ser que a espécie seja capaz de desenvolver-se bem à sombra ou que apresenta uma arquitetura foliar que permita este aumento da área foliar.

Comparando-se os resultados médios dos dados de produção de matéria seca total apresentados na Tabela 5, e os resultados médios dos dados de área foliar (Tabela 6), verifica-se que ocorreu uma estreita relação entre as duas características entre plantas submetidas a 48 e 67% da RFA e 100% da RFA. No entanto, houve acréscimo no conteúdo de matéria seca e área foliar das plantas submetidas a 48% e 67% da RFA. Estas respostas podem indicar que o comportamento da calabura, na fase de muda, apresenta uma taxa fotossintética relativamente alta, quando sob níveis 67 e 48% da RFA. Este tipo de comportamento demonstra que estas plantas adaptam-se bem aos níveis 67% e 48% da RFA na fase inicial de muda (viveiro).

4.2.3 Altura

As mudas de calabura apresentaram-se com maior porte, quando cultivadas sob 48% da RFA. Nota-se pela Figura 2, que durante todas as épocas de avaliações, as mudas submetidas a 48% e 67% da RFA apresentaram maiores alturas em relação às 100% da RFA.

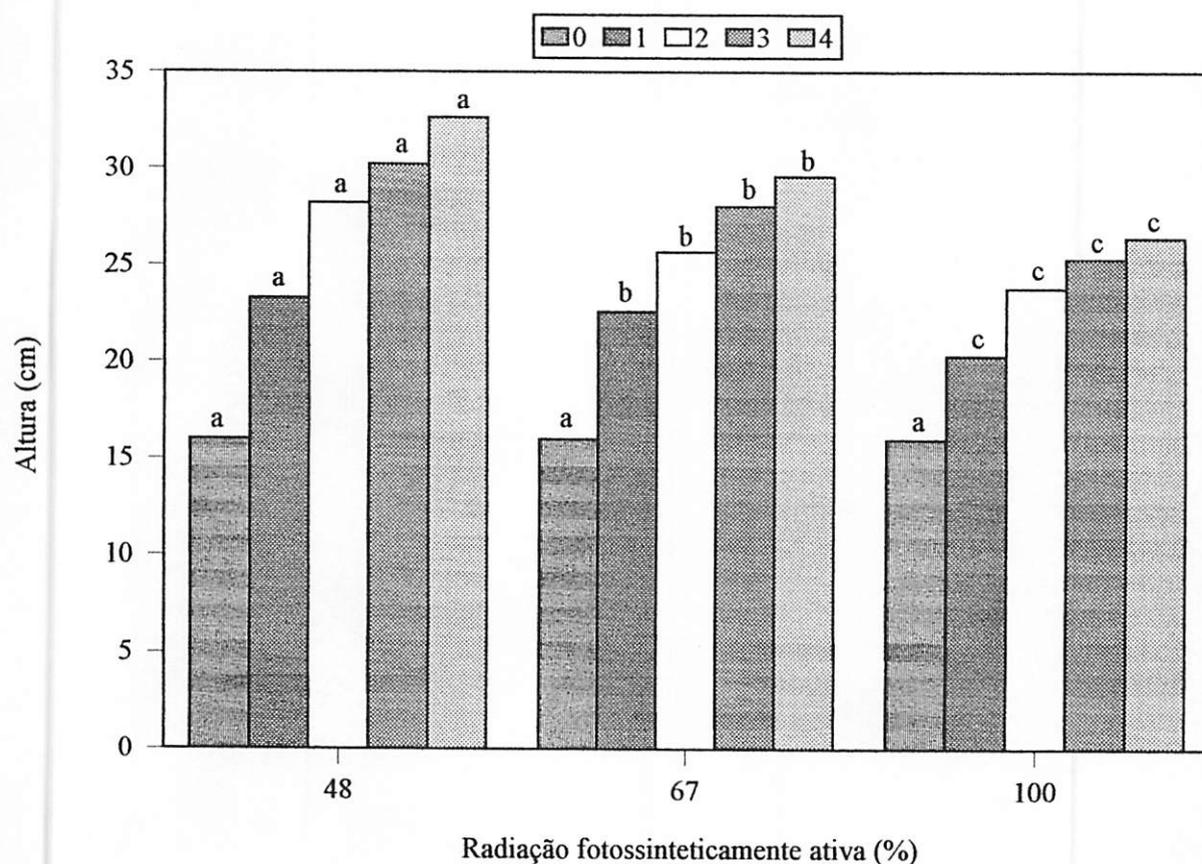


FIGURA 2. Altura média (cm) de mudas de calabura sob diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa, em diferentes épocas de avaliações.

Observa-se, também, uma estreita relação entre o crescimento em altura e acúmulo de matéria seca (Tabela 5). As mudas cultivadas sob 48% e 67% da RFA, investiram maior quantidade de fotoassimilados na parte aérea do que as de 100% da RFA. Provavelmente, as folhas encarregadas de suprir o ápice do caule estão naturalmente situadas em uma posição mais privilegiada (Wilkins, 1985; Wardlan, 1990), associado a um maior alongamento celular das plantas, crescendo sob sombreamento (Shirley, 1929, Wilkins, 1985), os quais seriam os responsáveis pela maior altura desta espécie sob condições de 67% e 48% da RFA. Entretanto,

não foram observados sinais visíveis de estiolamento nas mudas submetidas a 48% e 67% da RFA, o que pode determinar a produção de mudas de calabura sob condições sombreadas.

4.2.4 Diâmetro do caule

Mudas produzidas a 100% da RFA, apresentaram menores diâmetros em relação às produzidas sob 67 e 48% da RFA, conforme se observa na Figura 3, fato este observado em todas as épocas de avaliações.

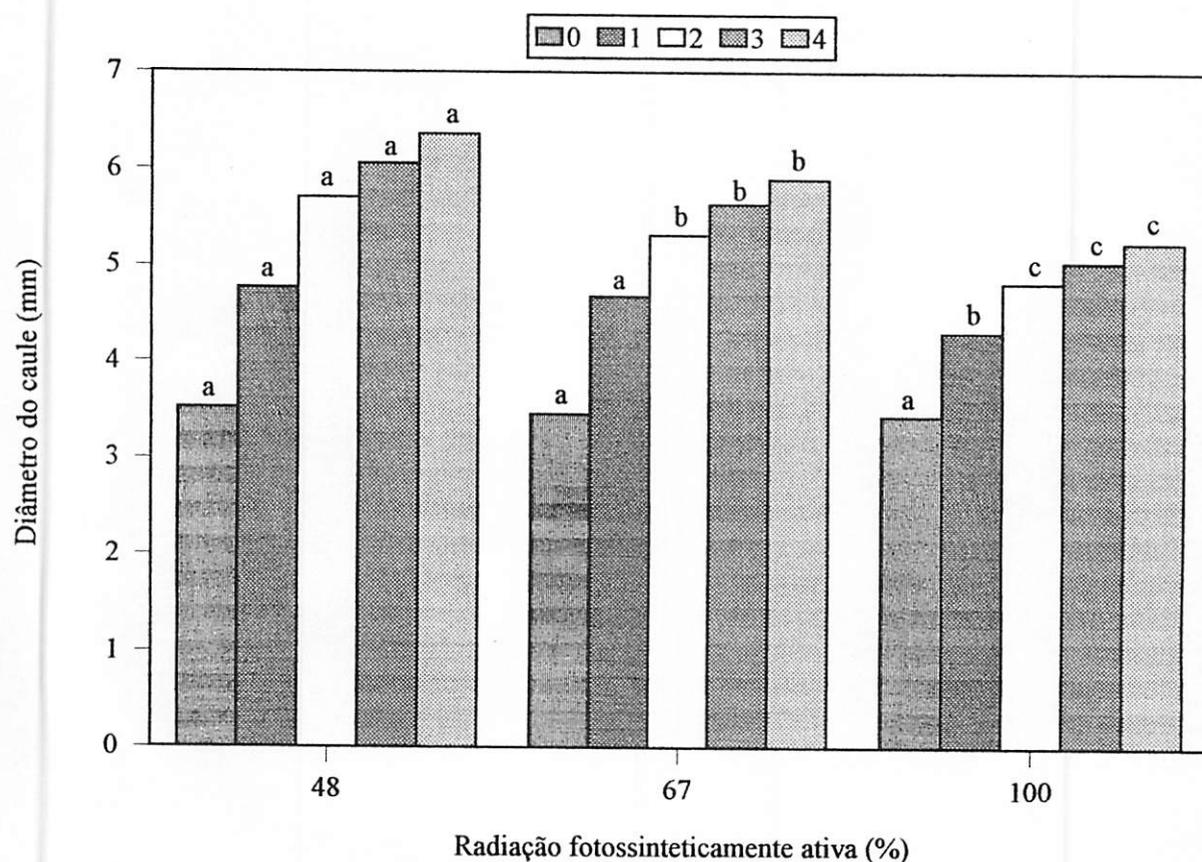


FIGURA 3. Diâmetro médio do caule (mm) de mudas de calabura, sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), em diferentes épocas de avaliações.

Estas mudas apresentaram um crescimento mais rápido em diâmetro do caule sob 67 e 48% da RFA, em relação a 100% da RFA. Estas observações divergem daquilo que acontece em muitas outras espécies citadas na literatura, onde os caules apresentam-se com maiores diâmetros sob maiores intensidades de luz. Todavia, ficou evidenciado neste trabalho que estes níveis de 67% e 48% da RFA foram suficientes para estimular o crescimento nesta espécie. Resultados semelhantes foram observados em plantas de *Amburana cearensis* (Engel, 1989).

4.2.5 Taxa Assimilatória Líquida (TAL) e Taxa de Crescimento Relativo (TCR)

Os resultados contidos na Tabela 8 demonstram que as mudas cultivadas a 100% da RFA exibiram maior eficiência fotossintética, expressos em termos de TAL em relação àquelas submetidas a 48% da RFA. Por outro lado, não foram observados diferenças nas TCR nos diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa.

TABELA 8. Taxas de crescimento relativo e taxas assimilatória líquida (TAL) de mudas de calabura sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa.

Época (dias após a indução trat ^o luz)	TCR ($g \times g^{-1} \times dia$)			TAL ($g \times dm^{-2} \times dia^{-1}$)		
	48%	67%	100%	48%	67%	100%
0	0,07070	0,06660	0,05903	0,07023	0,07117	0,06563
10	0,03367	0,04627	0,03350	0,04263	0,06670	0,05567
20	0,02413	0,02807	0,02067	0,03450	0,04783	0,04197
30	0,00917	0,00730	0,02040	0,01443	0,01343	0,04707
Média	0,03442 a	0,03708 a	0,03340 a	0,04045 b	0,04978 ab	0,05258 a

Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores das taxas assimilatórias líquidas mostraram comportamentos diferenciais durante o período de observação. Nota-se pela Tabela 8, que as mudas cultivadas a 100% da RFA apresentaram uma TAL 23,07%, superior àquelas cultivadas sob 48% da RFA, e 5,32% em relação às mudas cultivadas sob 67% da RFA. O comportamento não significativo da TCR em relação a TAL possivelmente possa ter ocorrido em detrimento da maior área foliar observada a 48% e 67% da RFA (Tabela 7), diminuindo assim as diferenças em TCR. Este efeito da menor RAF, a medida que aumenta a intensidade de luz, é considerado como resultante da capacidade da muda de calabura em se adaptar a diferentes condições de luminosidade, na fase de viveiro, dentro de certos limites. Assim, quanto maior a luminosidade, menor área foliar será necessária para produzir 1 grama de matéria seca.

Comparando-se RAF, TAL e TCR, verifica-se que apesar da TAL ter sido superior nas plantas sob 100% da RFA, apresentou RAF menor o que contribuiu para diminuir a diferença de TCR entre os tratamentos.

Segundo Fleming et al. (1985), a calabura é classificada como uma espécie pioneira neotropical. Por esta razão, era de se esperar que ela se desenvolvesse melhor a 100% da RFA durante a fase de viveiro. Entretanto, pode-se observar neste estudo que níveis da RFA de 67 e 48% proporcionaram melhor desenvolvimento das mudas em relação à condição de 100% da RFA, visto que elas apresentaram maior acúmulo de matéria seca total, maiores valores de diâmetro do caule, altura e área foliar. Todavia, as maiores taxas de assimilação e distribuição de matéria seca para as raízes foram obtidas em mudas cultivadas a 100% da RFA sol. Foi verificado também através de observações visuais que as folhas das plantas submetidas a 100%

da RFA mostravam-se amarelcidas, enquanto as 67% e 48% da RFA não, o que indica uma senescência mais precoce nas folhas a 100% da RFA, devido a degradação de pigmentos clorofilianos sob luz solar intensa.

4.2.6 Clorofilas

Os resultados relativos a quantificação das clorofilas por unidade de peso de matéria fresca, são apresentados na Tabela 9. Observa-se que os níveis de 67% e 48% da RFA proporcionou aumentos nas concentrações de clorofilas a e b e total, e também uma leve tendência de aumento na razão clorofila a/b.

TABELA 9. Teores de clorofilas a, b, total (mg.g^{-1} peso da matéria fresca) e relação clorofila a/b, em mudas de calabura, sob diferentes níveis da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Nível da RFA	Clorofila a	Clorofila b	Total	a/b
48	0,54478 a	0,48693 a	1,06404 a	1,11533 ab
67	0,53974 a	0,44073 a	0,97924 a	1,22680 a
100	0,34867 b	0,34790 b	0,696360 b	1,00489 b

Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os resultados obtidos são semelhantes aos citados na literatura (Boardman e Holmgren, 1963; Lee, 1988; Engel, 1988 e Scalón, 1992). Boardman (1977) reforça a ideia de que folhas cultivadas sob baixas intensidades de luz, apresentam maiores teores de clorofilas por unidade de peso. Por outro lado, a relação entre clorofilas a e b diverge da maioria das

literaturas, que considera de uma maneira geral, uma tendência de redução com a diminuição da intensidade luminosa (Boardman, 1977; Kramer e Koslowski, 1979). Entretanto, resultados semelhantes foram encontrados por Engel (1989), em *Amburana cearensis* e *Erythrina speciosa*, onde a relação a/b aumentou também com o sombreamento, demonstrando uma correlação negativa entre aumento do nível de sombreamento e conteúdo de clorofila b. Comparando-se o conteúdo de clorofila total e acúmulo de matéria seca total, verifica-se que as mudas cultivadas sob 67% e 48% da RFA apresentaram estes valores superiores, em comparação com as cultivadas sob 100% da RFA, demonstrando uma estreita relação entre estas duas características. O aumento no peso de matéria seca nas mudas produzidas sob níveis 67% e 48% da RFA (Tabela 5), pode ser também explicado pelas diferenças observadas nos teores de clorofilas entre as plantas cultivadas sob 67% e 48% da RFA e a 100% da RFA (Tabela 9), embora a explicação seja bem mais complexa.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o presente estudo foi conduzido, pode-se concluir que:

- O substrato S₁ (terra de subsolo + vermiculita + esterco bovino - 40:40:20), foi o que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas, levando-se em consideração as seguintes características morfofisiológicas: altura, diâmetro do caule, peso da matéria seca das folhas, caules e raízes, área foliar, peso da matéria seca total, relação raiz/parte aérea e razão de área foliar;
- com relação aos níveis da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), as plantas cultivadas a 100% da RFA em comparação com as cultivadas sob 67% e 48% da RFA, apresentaram menor acúmulo de matéria seca total, menores valores de diâmetro do caule, altura, área foliar, RAF e AFE. Todavia, as maiores taxas assimilatória líquida (TAL) e distribuição de matéria seca para raízes, relação raiz/parte aérea, foram obtidas em plantas cultivadas a 100% da RFA. Com relação aos teores de clorofilas, foram observadas tendências de queda com o decréscimo progressivo da da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, R.; ALVIM, P.T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays*) e pelo feijão (*Phaseolus vulgaris*) em culturas exclusivas e consorciadas. *Turrialba*, Turrialba, v.19, n.3, p.389-393, 1969.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated choroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, California, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- * BAWA, K.S.; WEBB, C.J. Floral variation and sexual differentiation in *Muntingia calabura* (Elaeocarpaceae) a species with hermaphrodite flowers. *Evolution*, Kansas, v.37, n.6, p.1271-1281, 1983.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 41p.
- BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.16, p.889-915, 1963.
- BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, California, v.28, p.355-377, 1977.
- BRANDI, R.M.; BARROS, N.F. Comparação de tipos de recipientes no plantio de *Eucalyptus* spp. *Revista Ceres*, Viçosa, v.17, n.92, p.158-170, 1971.
- CAMPINHOS JR., E.; IKEEMORI, Y.K.; MARTINS, F.C.G. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus* spp. (estaca e sementes) e *Pinus* spp. (sementes) em recipientes plásticos rígidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, Curitiba, 1984. *Simpósio ... Curitiba: UFPR*, 1984. p.350-365.
- DIAS, R.A. Aplicação de vermiculita em alfafres. *Silvicultura*, São Paulo, v.8, p.99-100, 1973.
- + ENGEL, V.L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 202p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).

- FERNANDES, P.S.; BAENA, E.S.; COUTINHO, C.J.; GONÇALVES, J.C. Utilização da vermiculita no plantio de essências florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, 1982. *Anais ...* Belo Horizonte: IBDF, 1983. p.282-284.
- FERNANDES, P.S.; COUTINHO, C.J.; BAENA, E.S. Produção de mudas de *Eucalyptus saligna* em bandejas de isopor. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, Belo Horizonte, 1982. *Anais ...* Belo Horizonte: IBDF, 1983. p.285-286.
- FERREIRA, M. das G.R. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em reposta a tamanhos de embalagens, substratos e fertilização NPK.** Viçosa: UFV, 1994. 44p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).
- FERREIRA, M. das G.M. **Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas.** Viçosa: UFV, 1977. 42p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).
- FERREIRA, M. das G. M.; CÂNDIDO, J.F.; CANO, M.A.O.; CONDÉ, A.R. Efeito do sombreamento na produção de mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Árvore*, Viçosa, v.1, n.2, p.121-133, 1977.
- FLEMING, T.H.; WILLIAMS, C.F.; BONACCORSO, F.J.; HERBST, L.H. Phenology, seed dispersal, and colonization in *Muntingia calabura*, a neotropical pionner tree. *American Journal of Botany*, Columbus, v.72, n.3, p.383-391, 1985.
- FONSECA, E. de P.; **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "win-strip".** Viçosa: UFV, 1988. 81p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).
- FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G.; OPLER, P.A. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, Oxford, v.62, p.881-919, 1974.
- * GERMEK, E.B. **Instruções para o cultivo da calabura.** Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1975. 9p. (Boletim, 207).
- GOMES, J.M.; BRANDI, R.M.; COUTO, L.; BARROS, N.F. de. Efeitos do sombreamento e tipos de suportes para fertil-pot na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Revista Floresta*, Curitiba, v.10, n.1, p.24-28, 1979.
- GOMES, J.M.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.141, p.8-14, 1986.
- GOMES, J.M.; COUTO, L.; PEREIRA, A.R. Uso de diferentes substratos na produção de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. *Revista Árvore*, Viçosa, v.9, n.1, p.58-86, 1985.

- GORDON, J.C. Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings. *Ecology*, Durham, v.50, n.5, p.924-927, 1969.
- INOUE, M.T. A auto-ecologia do gênero *Cedrela*: efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade luminosa. *Revista Floresta*, Curitiba, v.8, n.2, p.58-61, dez. 1977.
- INOUE, M.T. Bases fisiológicas para a silvicultura de espécies nativas. In: INOUE, M.T. et al. (ed.). *A silvicultura de espécies nativas*. Curitiba: FUPEF, 1983. p.1-18.
- INOUE, M.T.; TORRES, D.V. Comportamento do crescimento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, em dependência da intensidade luminosa. *Revista Floresta*, Curitiba, v.10, n.1, p.7-11, jun. 1980.
- JESUS, R.M. de; MENENDRO, M. de S.; BATISTA, J.L.F.; COUTO, H.T.Z. do. Efeito do tamanho do recipiente, tipo de substrato e sombreamento na produção de mudas de louro (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab.) e Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium* Schott). *IPEF*, Piracicaba, v.37, p.13-19, 1987.
- JONES, R.H.; McLEOD, K.W. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in chinese tollowtree e carolina ash seedlings. *Forest Science*, Washington, v.36, n.4, p.851-862, 1990.
- JORGE, J.A. *Solo: manejo e adubação: Compêndio de edafologia*. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 309p.
- KOSLOWSKI, T.T. *Tree growth*. New York: The Ronald Press, 1962. 230p.
- KRAMER, P.J. *Plant e soil water relationships*. New York: McGraw Hill Book, 1969. 482p.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. *Physiology of wood plants*. New York: Academic Press, 1979. 811p.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. Fotossíntese. In: _____. *Fisiologia das arvores*. Lisboa: Fundação Caloreste Oulbenpian, 1960. Cap.3, p.70-115.
- ✶ LAURA, V.A. *Germinação de sementes de calabura (*Muntingia calabura* L.)*. Lavras: ESAL, 1993. 45p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- LEE, D.W. Simulating forest shade to study the developmental ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge, v.4, p.281-292, 1988.

LOGAN, K.T.; KROTKOV, G. Adaptations of the photosynthetic mechanism of sugar maple (*Acer saccharum*) seedlings grown in various light intensities. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.22, p.104-116, 1968.

MINAMI, K. **Vermiculita na horticultura**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1984. 20p.

✚ MOREIRA, R.S.; GERMEK, E.B. A calabura (*Muntingia calabura* L.) como quebra-ventos em bananais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5, Pelotas, 1979. **Anais ...** Porto Alegre, 1979. p.1001-1003.

MULLER, C.H. **Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1981. 25p. (Documentos, 01).

MULLER, C.H.; KATO, A.K.; DUARTE, M. de L.R. **Manual prático do cultivo de fruteiras**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1981. 28p. (Miscelânea, 9).

NAVES, V.L. **Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático d mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa**. Lavras: ESAL, 1993. 76p. (Tese - Mestrado em Fisiologia Vegetal).

NYGREN, M.; KELLOMAKI, S. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis un young birches, *Betula pendula* Rath and *B. pubescens* Ehrh. **Florest Ecology and Management**, Amsterdam, v.7, p.119-132, 1983/1984.

PESSOTTI, J.E.S. **Aspectos nutricionais da produção de mudas de eucalipto em vermiculita**. Bahia: COPENER - Capene Energética, 1984. 7p. (Boletim Informativo).

PHARES, R.E. Growth of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings in relation to light and nutrients. **Ecology**, Durham, v.52, n.4, p.669-672, 1971.

REIS, P.S.; MULLER, M.W. **Análise do crescimento de plantas: mensuração do crescimento**. Belém: FCAP - Serviço de Documentação e informação, 1979. 39p. (Informe Didático, 1).

SCALON, S. de P.Q. **Estudo da germinação de sementes e produção de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth)**. Lavras: ESAL, 1992. 63p. (Tese - Mestrado em fisiologia Vegetal).

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

SHIRLEY, H.L. The influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. **American Journal of Botany**, New York, v.16, p.354-389, May 1929.

- SLATYER, P. **Plant - water relationships**. New York: Academic Press, 1967. 366p.
- STURION, J.A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. 18p. (Documentos, 03).
- TINOCO, C.D.; VASQUEZ-YANES, C. Diferencias en poblaciones de *Piper hispidum* bajo condiciones de luz contrastante en una selva alta perenifolia. In: GOMEZ-POMPA, A.; AMO, S.R.del. (eds.). **Investigaciones sobre la regeneracion de selva alta en Veracruz, México**. México: Editorial Alhambra Mexicana, 1985. Tomo II, p.267-281.
- WARDLAN, J.F. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist*, London, v.116, p.341-381, 1980.
- WHATLEY, F.H.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas: Temas de Biologia**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. v.30, 101p.
- WILKINS, M.B. **Advanced plant physiology**. London: Pitman Press, 1985. 514p.

APÊNDICE

TABELA 1A. Resumo da análise de variância da altura, diâmetro do caule, peso da matéria seca da folha, raiz e caule em função do substrato.

FV	GL	QM				
		Altura	Diâmetro	PMS Folha	PMS Raiz	Caule
Substrato	3	60,37219**	1,27458**	0,04335**	0,01069**	0,00925**
Erro	12	1,14534	0,01726	0,00103	0,00063	0,00019
Total	15					
CV (%)		9,886	4,611	12,078	16,398	12,353

** F significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância da área foliar, peso de matéria seca total, raiz/parte aérea e RAF em função do substrato.

FV	GL	QM			
		Área Foliar	PMS Total	Raiz/PA	RAF
Substrato	3	0,22919**	0,16031**	0,04041**	0,03218**
Erro	12	0,00478	0,00442	0,00109	0,00180
Total	15				
CV (%)		10,438	12,493	7,779	3,396

** F significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância do peso da matéria seca das folhas, do caule, da raiz, peso total e relação raiz/parte aérea, em função da radiação fotossinteticamente ativa e da época de amostragem (g).

FV	GL	QM				Relação Raiz/PA
		Peso da Matéria Seca				
		Folha	Caule	Raiz	Total	
Bloco	2					
Irradiância (I)	2	0,09600**	0,08265**	0,03307*	0,59746**	0,00800
Erro A	4	0,00145	0,00156	0,00407	0,01292	0,00114
Épocas (E)	4	0,69380**	1,03978**	1,38267**	9,08086**	0,04499**
I × E	8	0,01116**	0,01231	0,00780	0,08034**	0,00235**
Erro B	24	0,00295	0,00285	0,00366	0,02208	0,00065
Total	44					
CV (A) %		4,756	6,512	8,560	5,273	6,670
CV (B) %		6,774	8,801	8,118	6,893	5,035

*, ** F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância da área foliar, AFE, RAF, TCR e TAL, em função da radiação fotossinteticamente ativa e da época de amostragem.

FV	GL	QM				
		Área Foliar	AFE	RAF	TCR	TAL
Bloco	2					
Irradiância (I)	2	1,27067**	0,54129**	0,08811**	0,00004	0,00048*
Erro A	4	0,00269	0,00193	0,00052	0,00001	0,00005
Épocas (E)	4	0,87923**	1,22564**	0,69517**	0,00470**	0,00319**
I × E	8	0,10771**	0,04317**	0,00594**	0,00014	0,00040
Erro B	24	0,00766	0,00564	0,00110	0,00011	0,00028
Total	44					
CV (A) %		3,739	2,431	3,097	8,676	14,897
CV (B) %		6,313	4,149	4,520	30,880	35,325

*, ** F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância do crescimento em altura (cm), diâmetro (mm) e distribuição de matéria seca, em porcentagem do total de folha, caule e raiz.

FV	GL	QM				
		Altura	Diâmetro	% Folha	% Caule	% Raiz
Bloco	2					
Irradiância (I)	2	51,45000**	1,80205**	6,19212	5,38312*	14,54785
Erro A	4	0,41666	0,03305	1,80155	0,65482	2,07425
Épocas (E)	4	262,12100	8,10761**	387,9490**	105,30592**	94,40205**
I × E	8	4,31501	0,17184**	2,13797	1,22866	4,49839*
Erro B	24	0,08706	0,00451	1,89237	1,27139	1,48037
Total	44					
CV (A) %		2,660	3,672	3,365	3,029	4,307
CV (B) %		1,216	1,357	3,449	4,221	3,639

*, ** F significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A. Resumo da análise de variância relativo aos teores de clorofila a, b, total e razão a/b, em função do nível da radiação fotossinteticamente ativa.

FV	GL	QM			
		a	b	Total	a/b
Irradiância	2	0,06249**	0,02506**	0,18533**	0,06155**
Erro	12	0,00270	0,00132	0,00926	0,00536
Total	14				
CV (%)		10,885	8,553	10,542	6,566

** F significativo a 5% de probabilidade.