



**GERMINAÇÃO, ARMAZENAMENTO DE
SEMENTES E FISIO-ANATOMIA DE PLANTAS
JOVENS DE *Cupania vernalis* Camb.**

ÉRICO DE CASTRO LIMA JÚNIOR

2004

ÉRICO DE CASTRO LIMA JÚNIOR

**GERMINAÇÃO, ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E FISIO-
ANATOMIA DE PLANTAS JOVENS DE *Cupania vernalis* Camb.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2004

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lima Junior, Érico de Castro

Germinação, armazenamento de sementes e fisio-anatomia de plantas jovens de *Cupania vernalis* camb. / Érico de Castro Lima Junior. -- Lavras : UFLA, 2004.

115 p. : il.

Orientador: Amauri Alves de Alvarenga.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. *Cupania vernalis*. 2. Anatomia foliar. 3. Germinação. 4. Armazenamento. 5. Semente. 6. Crescimento. 7. Sombreamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-634.97328

ÉRICO DE CASTRO LIMA JÚNIOR

**GERMINAÇÃO, ARMAZENAMENTO DE SEMENTES E FISIO-
ANATOMIA DE PLANTAS JOVENS DE *Cupania vernalis* Camb.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de "Mestre".

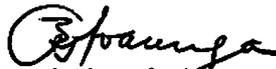
APROVADA em 03/03/2004

Prof. Dr Evaristo Mauro de Castro

UFLA

Prof. Dr Renato Mendes Guimarães

UFLA



Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga
DBI/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus.

À minha querida mãe e irmãos.

A meu pai, "*in memoriam*".

À minha esposa e toda a sua família.

DEDICO

Aos meus avós e tios

A toda a minha família

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de poder servir os nossos semelhantes, aprendendo e ensinando todos os dias.

À minha mãe Creusa e irmãos, Elvis e Eudes, pela confiança, carinho, compreensão, incentivo e pelo apoio durante todas as fases importantes de minha vida.

Ao meu pai, Érico, por todo o carinho e ensinamentos.

À minha querida esposa, Aramália, pelo amor, apoio e compreensão.

Aos meus avós, Olindo e Dionísia, por todo o carinho.

Ao meu sogro, José Amaral e sogra, Helena Karam, pelo apoio, incentivo e confiança.

A minha cunhada e irmã, Camila, por todo o carinho e paciência.

Aos meus primos, Ana Paula e Danilo, e familiares, pelos momentos de descontração durante todo o curso.

Aos meus tios, tias e primos da Bahia, que mesmo distante sempre me incentivaram.

A todos os familiares da minha esposa pelo carinho com que sempre me acolheram.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e concluir mais uma etapa de minha vida acadêmica.

Aos professores Amauri Alves de Alvarenga e Evaristo Mauro de Castro, pela amizade, orientação, incentivo, dedicação e compreensão durante a execução deste trabalho e de todo o curso.

A todos os professores do curso de Fisiologia Vegetal, pelos conhecimentos transmitidos dentro e fora da sala de aula.

A todos os meus colegas de curso pelo apoio e amizade.

Aos meus companheiros de laboratório, em especial Márcio, Espeto, Morbeck e João Paulo, pela amizade, ajuda, disposição e incentivo.

Aos alunos Lucas, Sara e ao professor Daniel, do Laboratório de Anatomia, pela ajuda e amizade.

Aos professores Renato e Édila, do Departamento de Agricultura, pelo apoio e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Eduardo, do Departamento de Fitopatologia, pela dedicação e ajuda na microscopia eletrônica.

Aos funcionários do Departamento de Biologia/Setor de Fisiologia Vegetal, em especial a Joel, Odorêncio, Lena, Izonel, Dartagnan e Evaristo, pela amizade e ajuda durante o curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram para que se completasse mais uma etapa da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A espécie e sua descrição botânica.....	3
2.2 Aspectos fisiológicos da germinação.....	4
2.3 Longevidade e deterioração de sementes.....	6
2.4 Armazenamento de sementes.....	7
2.5 Radiação e respostas fisiológicas.....	9
2.6 Radiação e anatomia foliar.....	14
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO E DA TEMPERATURA SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Cupania</i> <i>vernalis</i> Camb.(Sapindaceae).....	28
1 RESUMO.....	29
2 ABSTRACT.....	30
3 INTRODUÇÃO.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1 Considerações gerais.....	33
4.2 Curva de embebição.....	33
4.3 Efeito da temperatura.....	34
4.4 Escarificação química.....	34
4.5 Escarificação mecânica.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6 CONCLUSÕES.....	42

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO 3: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Cupania vernalis</i> CAMB. (Sapindaceae) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO	46
1 RESUMO.....	47
2 ABSTRACT.....	48
3 INTRODUÇÃO	49
4 MATERIAL E MÉTODOS	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 Dessecação de sementes	52
5.2 Armazenamento de sementes	56
6 CONCLUSÕES.....	59
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO 4: TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS JOVENS DE <i>Cupania vernalis</i> Camb. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.....	63
1 RESUMO.....	64
2 ABSTRACT.....	65
3 INTRODUÇÃO	66
4 MATERIAL E MÉTODOS	68
4.1 Considerações gerais	68
4.2 Material vegetal.....	68
4.3 Características avaliadas	70
4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas	72
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.1 Caracterização do ambiente	72
5.2 Trocas gasosas e potencial hídrico	75
5.3 Nitrogênio foliar e clorofilas	79
5.4 Crescimento e particionamento de biomassa	82

5 CONCLUSÕES.....	87
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
CAPÍTULO 5: ASPECTOS FISIO-ANATÔMICOS DE FOLHAS EM PLANTAS JOVENS DE <i>Cupania vernalis</i> Camb. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO.....	92
1 RESUMO.....	93
2 ABSTRACT.....	94
3 INTRODUÇÃO	95
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	97
4.1 Considerações gerais	97
4.2 Microscopia de luz	98
4.3 Microscopia eletrônica de transmissão (MET).....	99
4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas	100
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
6 CONCLUSÕES.....	111
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

RESUMO

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. **Germinação, armazenamento de sementes e fisio-anatomia de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb.**, 2004. 115p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal)*

O conhecimento da fisiologia da germinação e armazenamento de sementes no contexto do processo reprodutivo e as alterações fisiológicas e anatômicas em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes condições de ambiente e, em especial, ao sombreamento são de fundamental importância, para sua futura recomendação em plantios mistos destinados à recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, ao enriquecimento de matas ciliares, preservação de nascentes e ao paisagismo. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a germinação e armazenamento de sementes em diferentes embalagens e condições de ambiente e o efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento inicial, anatomia, trocas gasosas, concentrações de clorofilas e conteúdo de nitrogênio foliar em plantas jovens de *Cupania*. Resultados relativos à quebra de dormência revelaram que o tegumento das sementes constitui um impedimento ao crescimento do embrião, pois a retirada do mesmo ou escarificação com lixa proporcionam altas porcentagens de germinação. Foi verificado ainda que a faixa de temperatura entre 15-25°C promoveram uma redução no índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes. Estudos de secagem e armazenamento evidenciaram que as sementes de *Cupania* não toleram secagem e a melhor condição de armazenamento dessas sementes foi em saco de polietileno ou alumínio, em câmara fria, a 10°C. Com relação ao desenvolvimento das mudas em viveiro, foi verificado um maior acúmulo de biomassa em plantas crescidas sob 50% de sombreamento em relação às cultivadas a pleno sol. Foram verificadas ainda alterações na estrutura interna das folhas, fatos que contribuem e levam a espécie a apresentar grande plasticidade frente aos diferentes níveis de irradiância em que as plantas foram submetidas.

* Comitê Orientador: Amauri Alves de Alvarenga (Orientador) – UFLA, Evaristo Mauro de Castro (Co-orientador)- UFLA, Ângela Maria Soares (Co-orientadora).

ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. **Seed germination, storage and physioanatomy of young plants of *Cupania vernalis* Camb.** 2004. 115p. (Dissertation – Master in Agronomy/Plant Physiology)*

The knowledge of germination physiology and seed storage in the context of the reproductive process and physiologic and anatomic alterations in young plants of *Cupania vernalis* Camb. submitted to different environmental conditions and, particularly to shading have fundamental importance to their future recommendation in mixed plantings aiming to the recovery of degraded areas of permanent preservation, to the enrichment of riparian woods, preservation of springs and to landscaping. This work aimed evaluate seed germination and storage in different packages and environmental conditions and the effect of different shading levels on early growth, anatomy, gas exchanges, chlorophyll concentrations and nitrogen leaf content in young plants of *Cupania*. Results relative to the dormancy breakdown revealed that seed tegument came to be a hindrance to the embryo growth, for its removal or sandpaper scarification provide high germination percentages. It was still found that the temperature of 15–25°C promoted a drop in the germination velocity index (GVI) of seeds. Drying and storage studies pointed out that the seeds of *Cupania* do not stand drying and the best storage condition of those seeds were in polyethylene or aluminum bag in cold chamber at 10°C. As regards the development of seedlings in nursery, a greater accumulation of biomass in plants grown under 50% of shading relative to the ones cultivated in the full sunshine. Alterations in the internal structure of leaves were observed, facts which contribute and cause the species to present great plasticity against the different irradiance levels to which plants were subjected.

* Guidance Committee: Dr. Amauri Alves de Alvarenga -UFLA (Adviser) - UFLA, Dr. Evaristo Mauro de Castro – UFLA (Co-adviser), Dr. Ângela Maria Soares (Co-adviser).

CAPÍTULO 1

1 INTODUÇÃO GERAL

A flora brasileira tem uma grande diversidade é considerada uma das maiores e mais ricas do mundo, com grande potencial de utilização. Entretanto, muitas espécies carecem de estudos no que se diz respeito aos sistemas de propagação, armazenamento de sementes e produção de mudas em respostas a fatores ecofisiológicos, notadamente a radiação solar.

Muitas espécies da flora brasileira apresentam potencial econômico, representado por valiosos produtos, como madeira para diversos fins, frutos comestíveis, resinas ou gomas, produtos químicos, medicamentos, néctares, pólenes, dentre vários outros.

Nas últimas décadas, o país vive as conseqüências de uma exploração predatória dos recursos naturais, em especial as florestas, que têm sido eliminadas para atividades agrícolas e construção civil, especialmente no que diz respeito à instalação de novas usinas hidrelétricas, colocando em risco de extinção inúmeras espécies vegetais e animais.

Nos últimos anos, vários pesquisadores têm dirigido suas atenções a estudos relacionados à preservação dos recursos naturais, sobretudo das matas localizadas em locais críticos, como margens de rios e de reservatórios hidrelétricos, nascentes e encostas. Nestes locais, torna-se evidente a necessidade da implementação de estudos ecofisiológicos relacionados ao desenvolvimento de espécies nativas e com potencial para serem introduzidas em programas de revegetação, seja com finalidade conservacionista ou econômica, como formas de minimizar os problemas provocados pelo desmate irracional e pelo assoreamento de rios e outros mananciais hídricos.

A maioria dos projetos que visa à conservação e à exploração de espécies florestais nativas depende da formação de mudas. Assim, a renovação da vegetação e a recuperação de áreas degradadas, bem como o estabelecimento de bancos de germoplasma, são baseados na coleta e técnicas de armazenamento de sementes e de produção de mudas de espécies em potencial.

O êxito dos projetos de reflorestamento depende, entre outros fatores, da correta seleção de espécies. Devido à grande diversidade de espécies e as suas complexas inter-relações e interações com o meio, a seleção será tanto mais correta quanto maior for o conhecimento relativo às espécies de interesse. Esse conhecimento refere-se basicamente à sua fisiologia, auto-ecologia e ao comportamento silvicultural.

Cupania vernalis Camb., espécie pertencente à família Sapindaceae, é conhecida popularmente pelos nomes de camboatá, camboatã e arco-de-peneira. Pouco se sabe sobre a sua propagação e produção de mudas. Segundo Lorenzi (2000), a germinação é lenta e muito baixa e suas sementes devem ser semeadas logo após a colheita, pois a viabilidade é curta. Não há, na literatura, informações relacionadas à sua propagação vegetativa, sendo o desenvolvimento das mudas muito lento.

Diante do exposto, este trabalho objetivou-se estudar os processos relacionados à germinação e armazenamento de sementes de *Cupania vernalis* Camb., assim como o efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre a anatomia foliar, crescimento inicial e trocas gasosas em plantas jovens dessa espécie, cuja ocorrência se verifica em quase todas as formações florestais do Brasil, principalmente em cerrado e matas de galeria, abrangendo os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Descrição botânica

Cupania vernalis Camb., uma das principais espécie da família Sapindaceae, é conhecida popularmente como camboatá, camboatã e arco-de-peneira, dentre outros. As plantas, quando adultas, podem atingir de 10 a 22m de altura, com tronco entre 50-70 cm de diâmetro. Suas folhas são simples no estágio inicial de desenvolvimento, lançando, posteriormente, folhas compostas, pinadas e alternas, com 10 a 18 folíolos de 6 a 15 cm de comprimento e bordos serrados. As flores são pequenas, em panículas de 10 a 20 cm de largura. Floresce entre os meses de março a maio e a maturação dos frutos verifica-se entre os meses de setembro a novembro. Os frutos são do tipo cápsula, contendo de uma a três sementes ovóides de cor negra brilhante com arilo amarelo-alaranjado. A espécie é de grande utilidade, pois a sua madeira é própria para obras internas, marcenaria, forma para calçados, lenha e carvão. Pode ser empregada no paisagismo, principalmente na arborização de ruas. É uma espécie de grande utilidade para plantios mistos destinados à recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, pois, além de serem adaptadas à insolação direta, os seus frutos são utilizados, na alimentação, por pássaros (Lorenzi, 2000).

As espécies da família sapindaceae são tradicionalmente utilizadas na medicina como diuréticos, estimulantes, espectorantes, sedativos, vermífugos e contra estomatites e dermatites, em diversas partes do mundo. No Brasil, a espécie *Paullinia cupana* popularmente conhecida como guaraná é a mais difundida e conhecida representante da família (Cavalcanti, 2001). Extratos da casca da árvore da espécie *Cupania vernalis* são utilizados na medicina popular contra tosses convulsivas e asma (Rodrigues & Carvalho, 2001).

2.2 Aspectos fisiológicos da germinação

A germinação é considerada um dos mais importantes estádios do biociclo vegetal, caracterizada por processos fisiometabólicos de natureza complexa, que levam à retomada do crescimento do eixo embrionário, culminando com a protrusão da radícula através do tegumento da semente (Bewley & Black, 1994).

Por ser considerada uma fase crítica no contexto geral do desenvolvimento vegetal, inúmeros estudos têm sido conduzidos abrangendo diferentes aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação, associados à dormência, temperatura, luz e reguladores de crescimento (Bewley & Black, 1994; Labouriau et al., 1995; Hermansen et al., 2000; Pandey et al., 2000; Naidu et al., 2000; Patanè, 2000).

Considerando o processo germinativo de uma semente, alguns fatores extrínsecos e intrínsecos são vistos como fundamentais ao processo. Entre eles, a dormência assume papel relevante, de um lado por sua função ecológica e, por outro, por constituir-se num impedimento à pronta germinação da semente (Popinigis, 1985).

Uma gama de pesquisas tem sido conduzida em várias espécies, na tentativa de elucidar a problemática da dormência de tegumento (Antônio et al., 1985; Takahashi et al., 1991; Santiago & Paoli, 1996; Hermansen et al., 2000; Mackay et al., 2001).

Em sementes de *Peltophorum dubium*, Santiago & Paoli (1996) constataram que a impermeabilidade de tegumento e a natureza química da testa conferem dormência às sementes desta espécie.

Antônio et al. (1985) citaram que a causa mais comum de dormência é a impermeabilidade do tegumento à água. Por isso, as técnicas mais comumente empregadas são os tratamentos térmicos, como temperaturas altas, baixas, alternadas ou choques térmicos, tratamentos químico e mecânico.

Hermansen et al. (2000) testaram a eficiência do ácido sulfúrico e da escarificação mecânica para a superação de dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento à água em sementes de *Dimorphandra mollis*. Os autores concluíram que estes pré-tratamentos foram altamente eficientes, proporcionando uma germinação superior a 90%.

Em sementes de *Lupinus arboreus*, Mackay et al. (2001) observaram que as maiores taxas de germinação ocorreram quando as sementes foram submetidas à escarificação com ácido sulfúrico por 60 minutos, passando de 5% para 80% de germinação, ou quando as sementes foram submetidas à quebra mecânica do tegumento, resultando numa germinação de até 97%.

No tocante à temperatura, inúmeros trabalhos vêm demonstrando ser este um dos fatores responsáveis não somente pela velocidade de germinação como também pelo percentual final de germinação. Godoi & Takaki (1996), trabalhando com *Cecropia hololeuca* Miq (Cecropiaceae), observaram que as sementes apresentaram maior percentagem final de germinação a 25°C, ocorrendo em temperaturas superiores a 35°C e inferiores a 25°C, uma inibição da germinação. Em duas espécies de *Albizia*, temperaturas de 20°C e 25°C proporcionaram maiores porcentagens e velocidades de germinação (Tigabu & Oden, 2001).

Sementes de diferentes espécies e classificação ecológica apresentam respostas diferenciais à temperatura do meio de germinação (Mayber & Poljakoff-Mayber, 1982; Vasquez-Yanes & Orosco-Segóvia, 1987; Laura et al., 1994; Benvenuti et al., 2001; Castelani & Aguiar, 2001; Tigabu & Oden, 2001; Rajput & Tiwari, 2001).

Estudando o efeito da temperatura na germinação de sementes de *Maquira sclerophylla*, Miranda e Ferraz (1999) observaram que a protrusão da radícula ocorreu na faixa entre 15°C a 35°C, porém, o desenvolvimento posterior da plântula ocorreu numa faixa térmica de 20°C a 30°C. Os autores

concluíram que a temperatura ótima para a germinação destas sementes foi de 30°C, atingindo um máximo de 92%, coincidindo com o maior índice de velocidade de germinação (IVG).

2.3 Longevidade e deterioração de sementes

Diversos fatores, como umidade, temperatura, luz, constituição genética, dormência, trocas gasosas e maturidade fisiológica, podem determinar a longevidade das sementes em condições naturais ou de armazenamento (Roberts, 1983; Barton, 1985).

Várias teorias foram propostas para explicar a deterioração das sementes. Algumas são apresentadas por Popinigis (1985), como o esgotamento das reservas, a inativação de algumas enzimas chave, a degeneração de membranas celulares e a degradação de ácidos nucleicos.

Durante o processo de dessecação, os principais danos que ocorrem nas sementes são relativos às membranas fosfolipídicas das células, a desestruturação de macromoléculas e a oxidação de lipídios (Guimarães, 1999).

Sementes de várias espécies tropicais possuem elevadas concentrações de compostos fenólicos e polifenóis oxidases intracelulares. A desestruturação da membrana causada pelo processo de dessecação promove a liberação desses compostos, sujeitos à oxidação, formando complexos de proteína/fenol, com conseqüente perda da atividade enzimática (Chin, 1989).

Muitos estudos têm relacionado a perda da viabilidade durante o processo de secagem com danos nas membranas celulares, os quais podem ser evidenciados pelo aumento da condutividade elétrica na água de embebição para sementes desidratadas, o que ocorre devido ao aumento da liberação de eletrólitos, como foi observado para sementes recalcitrantes de *Eugenia brasiliensis* Lam. e em *Lumitzera racemosa* (Sun & Liang, 2001).

A tolerância à dessecação tem sido relacionada com vários fatores. Dentre eles, destacam-se o acúmulo de macromoléculas, como alguns tipos de açúcares e proteínas no final do desenvolvimento da semente, e também à presença de antioxidantes (Guimarães, 1999).

Radicais livres são normalmente formados durante o metabolismo oxidativo e transporte de elétrons durante a respiração; entretanto, essas reações são bem reguladas se a semente não perder água de forma mais acentuada. Todavia, esses controles podem ser prejudicados durante a dessecação (Leprince et al., 1999), podendo gerar um aumento na concentração de oxigênio reativo que está associado à peroxidação de lipídios, danos na membrana e, eventualmente, a morte celular.

O aumento na peroxidação de lipídios e a redução de antioxidantes estão diretamente associados com a perda de viabilidade durante a secagem, em sementes recalcitrantes (Li & Sun, 1999; Nkang, Omokaro & Egbe, 2000).

2.4 Armazenamento de sementes

Na determinação das condições ideais de armazenamento reside um dos problemas mais comuns que dificultam o desenvolvimento de programas de produção de sementes, sobretudo, em países tropicais. As principais causas desses problemas são as condições adversas de clima, como altas temperaturas e umidade do ar.

A temperatura e a umidade da semente constituem dois dos principais fatores determinantes de perda da capacidade germinativa das sementes durante o armazenamento (Oladiran & Agunbiade, 2000).

Alto conteúdo de umidade nas sementes, aliado a temperaturas elevadas, acelera os processos naturais de degeneração dos sistemas biológicos, provocando uma perda rápida da viabilidade e da capacidade germinativa.

Estudando o efeito do armazenamento sobre a viabilidade de sementes de *Myristica malabarica* Lam., Anil Kumar et al. (2002) verificaram que as sementes recém-colhidas apresentavam 27% de umidade e 100% de germinação. Quando submetidas à secagem natural por uma semana, o conteúdo de umidade das sementes caiu a 14% e a germinação a 0%. As sementes desta espécie apresentam natureza recalcitrante, pois, além de não tolerarem a secagem, são sensíveis ainda, a temperaturas inferiores a 10°C. Esses autores conseguiram manter a viabilidade dessas sementes por um ano, armazenando-as em sacolas plásticas, em temperatura de 30°C e 80% de umidade relativa. Resultados semelhantes foram obtidos por Anil Kumar et al.(1996), estudando o efeito do armazenamento sobre a germinação de sementes de *Aporosa lindleyana* Baill.

Variações no comportamento fisiológico das sementes sob armazenamento podem ser atribuídas a várias razões, incluindo alterações na maturidade da semente (Gamene et al., 1996; Sacande, 1998), local de colheita e condições de secagem (Ellis et al.s, 1990; Poulsen, 1995).

Roberts (1973) introduziu os termos ortodoxa e recalcitrantes para definir a dicotomia da fisiologia do armazenamento de sementes, mantendo-se como base a tolerância à dessecação e sensibilidade da semente. Sementes ortodoxas são tolerantes à dessecação e podem ser armazenadas por longos períodos (Roberts & Ellis, 1989). Entretanto, sementes recalcitrantes são altamente sensíveis à dessecação (Chaitanya & Naithani, 1994). Na última década, Ellis et al. (1990) sugeriram uma terceira categoria com sementes de comportamento intermediário em condições de armazenamento entre as descritas por Roberts (1973).

2.5 Radiação e respostas fisiológicas

A estrutura das florestas tropicais permite que pequenas quantidades de luz atinjam o nível do solo da floresta (Chazdon & Fetcher, 1984; Januário et al. 1992). Como consequência, nessas florestas, o crescimento de muitas plântulas pode ser limitado pela quantidade de luz disponível e muitas desenvolvem estratégias para a sua sobrevivência e estabelecimento, sob condições de baixa irradiância (Osunkoya et al., 1994; Claussen, 1996). Por outro lado, plântulas crescendo no interior de uma floresta tropical passam por mudanças bruscas na quantidade de luz recebida, estando estas sujeitas a incidências de luz que variam de acordo com a hora do dia, com as estações do ano ou com a movimentação das copas e ou ainda, devido à formação de clareiras (Osunkoya e Ash, 1991; Lee et al., 1997).

O ambiente de luz presente durante o crescimento pode afetar características anatômicas e fisiológicas da planta (Boardman, 1977; Bjorkman, 1981; Almeida et al., 2004), e o grau de adaptação é ditado por características genéticas das plantas em interação com o meio ambiente (Moraes Neto et al., 2000).

Na formação de mudas de espécies lenhosas, a radiação, dentre outros fatores do ambiente, desempenha um papel relevante no controle dos processos associados ao acúmulo de biomassa (Vilela & Ravetta, 2000; Valio, 2001; Campos & Uchida, 2002), contribuindo assim para o desenvolvimento das plantas. Maior ou menor plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar dependem do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em química contida em carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento (Inoue & Torres, 1980; Engel, 1989; Vilela & Ravetta, 2000).

Jones & Mcleod (1990), utilizando 5%, 20%, 53% e 100% de irradiância, encontraram maior produção e acúmulo de matéria seca para *Sapium*

sebiferum, quando as mudas foram submetidas a pleno sol. Já para *Fraxicus caroliniana*, o acúmulo máximo de matéria seca foi atingido a 53% da irradiância total.

Mudas de *Sclerolobium paniculatum* submetidas a quatro níveis de sombreamento (0%, 50%, 70% e 90%), apresentam maiores médias em altura quando submetidas a 90% de sombreamento e maior biomassa seca total quando cultivadas sob 50% de sombra (Felfili et al., 1999).

Nakazono et al. (2001), estudando o efeito de diferentes regimes de luz em plantas de *Euterpe edulis*, observaram que as plantas submetidas a 20% de irradiância apresentaram aumento de biomassa seca total, maior alocação de biomassa para a raiz, maior número de folhas e maior razão clorofila a/b em relação às plantas em níveis mais elevados de sombreamento. Entretanto, neste mesmo estudo não houve diferenças nesses parâmetros em plantas cultivadas sob maiores níveis de irradiância (30%, 50%, 70% e 100%).

O diâmetro do caule é outra característica bastante utilizada na avaliação do crescimento das plantas, pois é um parâmetro utilizado para caracterizar a qualidade da muda. O crescimento em diâmetro é estimulado pela atividade cambial que, por sua vez, é estimulada por fotoassimilados (Wardlan, 1990).

Scalon & Alvarenga (1993), trabalhando com mudas de pau-perceira (*Platycyamus regnelli* Benth) sob diferentes intensidades de irradiância, encontraram maior crescimento em altura sob 50% de radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Por outro lado, plantas de *Sesbania sesban* e *Cybilstax antisiphilitica* apresentaram maiores alturas quando cultivadas sob 29% de RFA, enquanto *Copaifera langsdorffi* não apresentou qualquer diferença nesta característica, em função dos diferentes níveis de RFA utilizados (Naves, 1993).

Atroch et al. (2001), estudando aspectos fisiológicos, anatômicos e biossíntese de flavonóides em plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link.



submetidas a diferentes níveis de irradiância (100% ou pleno sol, 70% e 50%), verificaram que não houve alteração de biomassa seca da parte aérea entre os tratamentos. Entretanto, houve diferenças significativas entre os tratamentos para biomassa seca de caule, tendo o nível de 70% sido o que proporcionou maior acúmulo de biomassa seca.

Almeida et al. (2004) estudaram o efeito de diferentes níveis de irradiância sobre aspectos fisiológicos do crescimento inicial de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. . Estes autores verificaram que os maiores valores médios de biomassa total e matéria seca de raízes foram observados em plantas cultivadas sob 30% de sombreamento, tendo o maior acúmulo de matéria seca foliar sido verificado nas plantas cultivadas sob 30% e 50% de sombreamento.

Estudos a respeito da influência da radiação sobre a fotossíntese, morfologia e desenvolvimento de plântulas de *Garcinia mangosnana* L., desenvolvidos na Austrália durante dois anos, revelaram que plântulas submetidas ao desenvolvimento em ambiente com sombreamento decrescente exibiam superfície foliar reduzida, aumento de espessura das folhas e menor área foliar específica. As plântulas menos sombreadas exibiram taxas de alocação de matéria seca para as raízes relativamente maiores em relação às mais sombreadas, e ainda, exibiam redução significativa em outras características de crescimento, como área foliar e incremento do número de folhas, lançamento de ramos e internódios mais curtos, resultando numa aparência mais compacta nas menos sombreadas (Wiebel et al., 1994; Marler et al., 1994).

A área foliar é uma característica muito utilizada na avaliação de tolerância das espécies ao sombreamento. Em geral, o incremento da área foliar com o sombreamento é uma das maneiras da planta aumentar a superfície fotossintética, assegurado um aproveitamento mais eficiente das baixas intensidades luminosas e compensando as baixas taxas de fotossíntese por

unidade da área foliar. características das folhas de sombra (Jones & Mcleod. 1990; Alvarenga et al., 2003).

A área foliar específica (AFE) é um índice fisiológico de crescimento marcadamente influenciado por fatores do ambiente, em especial, a intensidade, qualidade e duração da radiação (Benincasa, 1988).

Em folhas de árvores de *Juglans regia* crescidas em níveis distintos de radiação, Piel et al. (2002) observaram que o peso foliar específico foi maior em plantas sob pleno sol.

Fatores externos e internos afetam a biossíntese e as taxas de acúmulo de pigmentos clorofilianos. Por estas razões, o conteúdo de clorofilas nas folhas pode variar substancialmente, de acordo com os níveis de radiação incidente (Kramer & Kozlowski, 1979; Whatley & Whatley, 1982; Castro, 1999; Faria et al., 2000).

Sob intensidades elevadas de radiação, as moléculas de clorofila são passíveis de processos degradativos (fotoxidação), sendo o equilíbrio estabelecido a uma concentração mais baixa. Portanto, folhas de sombra possuem uma concentração maior de clorofilas em relação às de pleno sol.

Boardman (1977) relata que folhas crescendo sob baixa radiação fotossinteticamente ativa apresentam maior conteúdo de clorofila por unidade de massa de matéria seca. Todavia, afirma ainda que o teor por unidade de área foliar é frequentemente maior em folhas expostas a níveis mais elevados de radiação.

De maneira geral, considera-se que as razões entre clorofilas *a* e *b* tendem a cair com a diminuição da intensidade da irradiação (Kramer & Koslowski, 1979; Boardman, 1977; Nakazono et al., 2001). Vários autores têm relatado uma diminuição nesta razão em folhas submetidas a baixas intensidades de irradiância (Tinoco & Vasques-Yanes, 1985; Engel & Poggiani, 1991; Kitajima & Hogan, 2003); entretanto, foi verificado por Almeida (2001) em

plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. um incremento nessa relação com o aumento do sombreamento.

As respostas estomáticas constituem a forma mais rápida de que a planta dispõe para ajustar-se às variações ambientais a que são submetidas (Chaves, 1991). A radiação, o déficit de pressão de vapor e a temperatura do ar são os fatores ambientais que mais influenciam as respostas estomáticas.

Em várias espécies arbóreas, tais como *Cryptocarya aschersoniana* (Almeida, 2001); *Bauhinia forficata* (Atroch, 2001), a condutância e a transpiração atingem valores mais elevados para plantas que crescem em ambientes de maior irradiância (Boardman, 1977; Abrams & Mostoller, 1995).

Um aumento na intensidade de radiação provocou um aumento na taxa de transpiração em plantas de *Quercus robur* L. (Welander & Ottosson, 2000). Comportamento semelhante foi obtido por Hanba et al. (2002) em relação à condutância estomática em espécies de *Acer mono* e *A. palmatum*.

Com respeito ao nitrogênio foliar, altas concentrações foliares estão associadas a altas taxas de trocas gasosas. Um número limitado de estudos tem comparado as concentrações de nitrogênio com taxas de trocas gasosas sob diferentes níveis de irradiância (Ellsworth & Reich, 1992; Meziane & Shipley, 2001; Piel et al., 2002).

Em estudos sobre a maximização de ganho de carbono em plantas crescendo em níveis altos e baixos de irradiância relacionados à área foliar específica e particionamento de nitrogênio, Evans & Poorter (2001) verificaram que a maior concentração de nitrogênio foliar total com base em massa seca foi obtida em plantas crescidas sob baixa irradiância. Esse resultado pode ser confirmado por outros autores (Holmes & Cowling, 1993; Dias-Filho, 1997).

2.6 Radiação e anatomia foliar

As espécies arbóreas variam grandemente na sua capacidade de responder a alteração na disponibilidade de luz, principalmente no que diz respeito a alterações anatômicas (Weston et al., 2000). A anatomia foliar é geralmente um forte indicador da disponibilidade de luz entre os diversos ambientes que uma planta pode habitar (Murchie & Horton, 1997; Maxwell et al., 1999).

No estudo de anatomia foliar devem ser levadas em consideração a idade do órgão, sua posição no ramo, situação aos fatores de luz e suprimento hídrico, pois é sabido que existe uma estreita relação entre morfologia e anatomia foliar com o ambiente em que a espécie se desenvolve (Ashton & Berlyn, 1992; Hanba et al., 2002; Piel et al., 2002; Ivanova & P'yankov, 2002).

Folhas de plantas crescidas em ambientes ensolarados apresentam-se menores, mais espessas e com maior massa foliar por unidade de área em relação às cultivadas à sombra (Osunkoya et al., 1994; Castro, 2002; Piel et al., 2002; Wiebel et al., 1994). Este fato deve-se, provavelmente, a uma taxa fotossintética mais elevada a pleno sol em comparação com as plantas crescidas à sombra (Boardman, 1977 e Bjorkman, 1981). O aumento na espessura da folha, especialmente quando pela elongação ou adição de células paliçádicas, tem sido ligado a uma redução na resistência do mesófilo ao dióxido de carbono (Nobel, 1977; Piel et al., 2002; Castro, 2002).

A maioria das espécies florestais tem habilidade de desenvolver diferentes estruturas anatômicas em suas folhas quando crescem à sombra ou a pleno sol. Folhas de sombra, quando comparadas às de sol de uma mesma árvore, apresentam-se mais delgadas, mais lobuladas, com maior superfície por unidade de peso, epiderme mais delgada e com mais espaços intercelulares (Spurr, 1980; Castro, 2002).

Em *Fragaria virginiana*, uma espécie adaptada à sombra, sob maior intensidade de luz, observa-se um aumento na quantidade de tecidos no mesofilo, traduzindo num aumento de tecido paliçádico, o qual ocorre em várias camadas organizadas que determinam um aumento na capacidade fotossintética. Esse aumento ocorre até um certo limite, acima do qual a capacidade fotossintetizante decresce devido à fotooxidação dos pigmentos (Chabot et al., 1979).

Morais et al. (2003) verificaram que o sombreamento provocou um aumento na área foliar de plantas de café, o que resultou em folhas com menor massa de matéria seca e menor massa específica, proporcionando maior e melhor interceptação da energia disponível no sistema. Entretanto, as plantas cultivadas a pleno sol desenvolveram folhas menores, com menores espaços intercelulares e maior espessura de parede, cutícula e mesofilo, caracterizando o desenvolvimento de estruturas para diminuir a perda de água.

Os estômatos são estruturas fundamentais para a vida das plantas, por meio dos quais ocorrem o intercâmbio gasoso com o ambiente. Portanto qualquer variação no número e/ou tamanho destes pode acarretar uma maior ou menor eficiência fotossintética da planta (Sun et al., 1995).

Diversos trabalhos têm demonstrado que altas intensidades de irradiância aumentam a frequência de estômatos por unidade de área foliar (Castro et al., 1998; Mendes et al., 2001; Hanba et al., 2002; Schluter et al., 2003).

Em plantas de *Acer mono* e *A. palmatum* crescidas a pleno sol, alta densidade estomática promoveu um aumento da condutância estomática em relação às mais sombreadas. Entretanto, neste mesmo estudo, não foram verificadas diferenças entre os níveis de irradiância testados em *A. rufinerve* (Hanba et al., 2002).

Medri e Leras (1980) citam haver diferenças no número e tamanho dos estômatos de seringueira cultivada em diferentes condições edafoclimáticas.

Em estudos com *Guarea guidonea*, Castro et al. (1998) observaram que as maiores médias de diâmetro polar dos estômatos foram observadas em plantas cultivadas sob 50% de sombreamento. No entanto, não foram observadas diferenças no diâmetro equatorial entre os níveis de sombreamento estudados. Porém, em plantas de *Bauhinia forficata*, Atroch et al. (2001) não observaram alterações entre os diâmetros polar e equatorial quando as plantas foram submetidas a diferentes níveis de irradiância.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, S. A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n. 6, p. 361-370, June 1995.
- ALMEIDA, L. P. **Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação.** 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ALMEIDA, L. P.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação solar. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 83-88. 2004.
- ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; LIMA JUNIOR, E. C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2003.
- ANIL KUMAR, C.; BABU, K. P. KRISHMAN, P. N. Seed storage and viability of *Myristica malabarica* Lam. an endemic species of Southern Western Ghats (India). **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 30, n. 3, p. 651-657, 2002.
- ANIL KUMAR, C.; THOMAS, J.; PUSHPANGADAN, P. Storage and germination of seeds of *Aporosa lindleyana* (Wight) Baillon, an economically important plant of Western Ghats (India). **Seed Science Research**, Wallingford, v. 25, n. 1, p. 1-6, Mar. 1996.
- ANTÔNIO, F. G.; PENTEADO, M. I.; SEIFFERT, N. F. **Recomendações para quebra de dormência em sementes de *Galactia* spp.** Campo Grande: EMBRAPA-CNPQC, 1985. n. 29, p. 1-6
- ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. **New Phytologist**, Cambridge, v. 121, n. 4, p. 587-596, Aug. 1992.
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. Submetidas a

diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, out./dez. 2001.

BARTON, L. V. **Seed preservation and longevity**. New York: Yonkers, Boyce Thompson Institute for Plant Research, 1985. 216 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções Básicas)**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. 41 p.

BENVENUTI, S.; MACCHIA, M.; MIELE, S. Light, temperature and burial depth effects on *Rumex obtusifolius* seed germination and emergence. **Weed Research**, Champaign, v. 41, n. 2, Apr./June 2001.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, E. H. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology new series**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. v. 12A, p. 57-107.

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

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

CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 1, p. 73-82, 2001.

CASTRO, A. H. F. Aspectos fisiológicos e fotoquímicos de plantas de confrei (*Symphytum officinale* L.). 1999. 125 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CASTRO, E. M. Alterações anatómicas, fisiológicas e fitoquímicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperíodos e níveis de sombreamento. 2002. 221 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CASTRO, E. M.; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, D. M.; GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea*

guidonea (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphine**, Belo Horizonte, v. 8, n. 4, p. 31-35, dez. 1998.

CAVALCANTI, S. B. T.; TELES, H. L.; SILVA, D. H. S.; FURLAN, M.; YOUNG, M. C. M.; BOLZANI, V. S. New tetra-acetylated oligosaccharide diterpene from *Cupania vernalis* Camb. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 12, p. 413-416, May/June 2001.

CHABOT, B. F.; JURIK, T. W.; CHABOT, J. F. Influence of instantaneous and integrated light-flux density on leaf anatomy and photosynthesis. **American Journal of Botanic**, Columbus, v. 66, n. 8, p. 940-945, Aug. 1979.

CHAITANYA, K. S. K.; NAITHANI, S. C. Role os superoxidase, lipid peroxidation and superoxide dismutase in menbrane pertubation during loss of viability in seeds of *Shorea robuata* Gaertn. **New Phytologist**, Cambridge, v. 126, n. 4, p. 623-627, Apr. 1994.

CHAZDON, R. L.; FETCHER, N. Photosynthetic light environment in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 72, n. 2, p. 553-564, June 1984.

CHIN, H. F.; KRISHMA PILLAY, B.; STANDWOOD, P. C. Seed moisture: recalcitrant vs orthodox seeds. In: STANDWOOD, P. C.; McDONALD, M. B. **Seed moisture**. Madison: Crop Science Society of America, 1989. p. 15-22. (CSSA Specil Publication, n. 14)

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

DIAS-FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. To contrasting lighth environment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 789-796, ago. 1997.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. . An inrtermediate category of seeds storage temperature and moisture content on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 41, p. 1167-1174, 1990.

ELLSWORTH, D. S.; REICH, P. B. Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest lighth environments. **Functional Ecology**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 423-435, 1992.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia.** 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

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

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v. 24, n. 8, p. 755-767, Aug. 2001.

FARIA, L. L.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SOBRINHO, J. C. S. Alguns aspectos morfofisiológicos do feijão jacatupé (*Pachyrrhizus tuberosus* Lam. Spreng.). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 24, n. 3, p. 688-695, jul./set. 2000.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerobium paniculatum* Vog. Var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. Sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 297-301, out. 1999.

GAMENE, C. S.; KRAAK, H. L.; VAN PIJLEN, J. G.; DE VOS, C. H. R. . Storage behaviour of neem (*Azadirachta indica*) seeds from Burkina Faso Seed Science Technology, Zurich, v. 24, n. 3, p. 441-448, 1996.

GODOI, S. , TAKAKI, M. Germinação de sementes de *Cecropia holoceuca* Miq (Cecropiaceae), efeitos da luz e temperaturas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 11., 1996, São Carlos, SP. Resumos.... São Carlos. 1996. v. 1, p. 50.

GUIMARÃES, R. M. **Fisiologia de sementes.** Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 129 p. (Curso de pós-graduação "Latu Sensu" Especialização a Distância Produção e Tecnologia de Sementes).

HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, L. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light

demand. **Plant Cell and Environment** Oxford, v. 25, n. 8, p. 1021-1030, Aug. 2002.

HERMASEN, L. A.; DURYEY, M. L.; WHITE, T. L. Variability in seed coat dormancy in *Dimorphandra mollis*. **Seed Science and Technology**, Ssurich, v. 28, n. 3, p. 567-580, 2000.

HOLMES, P. M.; COWLING, R. M. Effects of shade on seedling growth, morphology and leaf photosynthesis in six sub-tropical species from the eastern Cape, South Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 61, n. 3/4, p. 199-220, Nov. 1993.

INOUE & TORRES, D. V. Comportamento de mudas de *Araucária augustifolia* (Bert.) O. Ktze, em dependência da intensidade luminosa. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 7-11, jun. 1980.

IVANOVA, L. A.; P'YANKOV, V. I. Structural adaptation of the leaf mesophyll to shading. **Russian Journal of Plant Physiology**, New York, v. 49, n. 3, p. 419-431, May/June 2002.

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

JONES, R. H.; McLEOD, K. W. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in chinese tallow tree and carolina ash seedlings. **Forest science**, Washington, v. 36, n. 4, p. 851-862, Dec. 1990.

KITAJIMA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 26, n. 6, p. 857-865, June 2003.

KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. **Physiology of woods plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

LABOURIAU, L. G.; NODA, F.; BORGHETTI, F. Dependência de temperatura na germinação de sementes de *Phaseolus aureus* Roxb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 1995, Lavras – MG. Resumos... Lavras: UFLA, 1995. v.1 ,Pp. 63.

LAURA, V. A.; ALVARENGA, A. A.; ARRIGONI, M. de F. Effect of growth regulators, temperature, light, storage and others factors on Muntinga calabura l.

seed germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 22, n. 3, p. 573-579, 1994.

LEE, D. W.; OBERBAUER, S. F.; KRISHNAPILAY, B.; MANSOR, M.; MOHAMED, H.; YAP, S. K. Effects of irradiance and spectral quality on seedlings development of two Southeast Asia *Hopea* species. **Oecologia**, New York, v. 110, n. 1, p. 1-9, Mar. 1997.

LEPRINCE, O.; BUITINK, J.; HOESKSTRA, F. A. Axes and cotyledons of recalcitrant seeds of *Castanea sativa* Mill. Exhibit contrasting responses of respiration to drying in relation to desiccation sensitivity. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 338, p. 1515-1524, Sept. 1999.

LI, C.; SUN W. Q. Desiccation sensitivity and activities of free radical-scavenging enzymes in recalcitrant *Theobroma cacao* seeds. **Seed Science Research**, Zurich, v. 9, n. 3, p. 209-217, Sept. 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 3.ed.

MACKAY, W. A.; DAVIS, T. D.; SANKHLA, D. Influence of scarification and temperature on seed germination of *Lupinus arboreus* **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 543-548, 2001.

MARLER, T. E.; SCHAFFER, B.; CRANE, J. H. Developmental light level affects growth, morphology, and leaf physiology of young carambola trees. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 4, p. 711-718, July 1994.

MAYBER, A. M.; POLJAFOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1982. 192 p.

MAXWELL K, MARRISON JL, LEECH RM, GRIFFITHS H, HORTON P. Chloroplast acclimation in leaves of *Guzmania monostachia* in responses to high light, **Plant Physiol.**, v. 121, p. 89-95, 1999.

MEDRI, M.; LERAS, E. Aspectos da anatomia ecológica de folhas de *Hevea brasiliensis* (Muell.) Arg. **Acta Amazônica**, Manaus, v.10, n.3, p.51-56, Set. 1980.

MENDES, M. M.; GAZARINI, L. C.; RODRIGUES M. L. Acclimation of *Myrtus communis* to contrasting mediterranean light environment - effects on

structure and chemical composition of foliage and plant water relations. **Environment and Experimental Botany**, Elmsford, v. 45, n. 2, p. 165-178, Apr. 2001.

MEZIANE, D.; SHIPLEY, B. Direct and indirect relationships between specific leaf area, leaf nitrogen and gas exchange. Effects of irradiance and nutrient supply. **Annals of Botany**, London, v. 88, n. 5, p. 915-927, Nov. 2001.

MIRANDA, P. R. M.; FERRAZ, I. D. K.; Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C. C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 303-307, out. 1999.

MORAIS, H.; MAURUR, C. J.; CARAMON, P. H. RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.

MURCHIE EH, CHEN Y-Z, HUBBART S., PENG S. HORTON P. interactions between senescence and leaf orientation determine in situ patterns of photosynthesis and photoinhibition in field-grown rice **Plant Physiol.**, v.119, p. 553-563, 1999.

NAIDU, C. V.; RAJENDRUDU, G.; SWAMY, P. M. Effect of plant growth regulators on seed germination of *Sapindus trifoliatus* Vahl. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 2, p. 249-252, 2000

NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C. da; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart em diferentes regimes de luz. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 173-179, jun. 2001.

NAVES, V. L. **Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de irradiação fotossinteticamente ativa.** 1993. 76 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

NKANG, A.; OMOKARO, D.; EGBE, A. Effects of desiccation the lipid peroxidation and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in seeds o

NOBEL, P. S. Internal leaf area and cellular CO₂ resistance; photosynthetic implications of variations with growth conditions and plant species. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 40, n. 2, p. 137-144, 1977.

OLADIRAN, J. A.; AGUNBIADE, S. A. Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds following storage in different packaging materials. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 2, p. 413-419, 2000.

OSUNKOYA, O. O.; ASH, J. E. Acclimation to a change in light regime in seedlings of six Australian rainforest tree species. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 39, n. 6, p. 591-605, 1991.

OSUNKOYA, O. O.; ASH, J. E.; HOPKINS, M. S.; GRAHAN, A. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 82, n. 1, p. 149-163, Mar. 1994.

PANDEY, H.; NANDI, S. K.; NADEEM, M.; PALNI, L. M. S. Chemical stimulation of seed germination in *Aconitum heterophyllum* Wall. and *A. balfourii* Stapf. : important Himalayan species of medicinal value. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 1, p. 39-48, 2000.

PATANÈ, C. Influence of temperature on seed germination of a *Sulla* sweetvetch (*Hedysarum coronarium* L.) population collected in a hilly area of southern Italy. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 3, p. 887-890, 2000.

PIEL, C.; FRAK, E.; ROUX, X. L.; GENTY, B. Effect of local irradiance on CO₂ transfer conductance of mesophyll in walnut. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 379, p. 2423-2430, Dec. 2002.

POULSEN, K. M.; ERIKSEN, E. N. Physiological aspects of recalcitrance in embryonic axes of *Quercus robur* L. **Seed Science Research** . v. 2, p. 215-221, 1992.

POPININGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGRIPLAN, 1985. 285 p.

RAJPUT, A.; TIWARI, K. P. Effect of alternate chilling/heating on germination of fresh teak (*Tectona grandis* L. f) drups, without scarification of felt mesocarp. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 1, p. 56-64, 2001.

- REHMAN, S.; PARK, I. Effects of scarification, GA₃ and chilling on the germination of goldenrain-tree (*Koelreuteria paniculata* Laxm.) seeds. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v. 85, p. 319-324, 2000.
- ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds **Seed Science & Technology**, London, v. 1, n. 1, p. 499-514, Jan. 1973.
- ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. Water and seed survival. **Annals of Botany**, London, v. 63, n. 1, p. 39-52, Jan. 1989.
- RODRIGUES, V.E.G.; CARVALHO, D.A. **Plantas medicinais no domínio dos cerrados**. Editora UFLA. 180 p. 2001.
- SACANDE, M. **Quality seed production in neem (*Azadirachta indica* A. Juss)**. In: DFSC newsletter of The project on Handling and Storage of Recalcitrant and Intermediate tropical Forest Tree Seeds, Krogerupvej 21. Humleback, Demark 1998.
- SANTIAGO, E. F.; PAOLI A. A. S. Morfo-anatomia da semente e impermeabilidade do tegumento em *Peltophorum dubium* Lam (Leguminosae). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 11., 1996, São Carlos – SP. **Resumos...** São Carlos, 1996. v. 1, p. 20-21.
- SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycomus regnelli* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 265-270, jul./set. 1993.
- SCHLUTER, U.; MUSCHAK, M.; BERGER, D.; ALTMANN, T. Photosynthetic performance of an *Arabidopsis* mutant with elevated stomatal density (sdd1-1) under different light regimes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 383, p. 867-874, Feb. 2003.
- SPURR, S. J.; BARNES, B. V. **Ecologia florestal**. New York: Ronald Press, 1980. 571 p.
- SUN, O. J.; SWEET, G. B.; WHITEHEAD, D.; BUCHAM, G. D. Physiological responses to water stresses and waterlogging in *Nothofagus* species. **Tree Physiology**, Victoria, v. 15, n. 10, p. 629-638, Oct. 1995.

SUN, W.; LIANG, Y. Discrete levels of desiccation sensitivity in various seeds as determined by the equilibrium dehydration method. *Seed Science, Research*, Wallingford, v. 11, n. 4, p. 317-323, Dec. 2001.

TAKAHASSHI, C. R.; ALVARENGA, A. A. de.; OLIVEIRA, L. E. M. de. Estudos da germinação de *Sesbania punicea*. *Informativo ABRATES*, Londrina, v. 1, n. 4, p. 76, dez. 1991.

TIGABU, M.; ODEM, P. C. Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose *Albizia* species from Ethiopia. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 29, n. 1, p. 11-20, 2001.

TINOCO, C. O.; VASQUEZ-YANES, C. Diferencias en poblaciones de *Piper hispidum* bajo condiciones de luz contrastante en una selva alta perenifolia In: GOMES-POMPA, A.; AMO, R. S. (Ed.). *investigaciones sobre la regeneración de selvas*. Atlas em Vera Cruz México. Alambra Mexicana, 1985. Tomo 2, p. 267-281.

TOYOMASU, T.; KAWAIDE, H.; MITSUHASHI, W.; INOUE, Y.; KAMIYA, Y. Phytochrome regulates gibberellin biosynthesis during germination of photoblastic lettuce seeds. *Plant Physiology*, Rockville, v. 118, n. 4, p. 1517-1523, Dec. 1998.

VALIO, I. F. M. Effects of shading and removal of plant parts on growth of *Trema micrantha* seedlings, *Tree Physiology*, Victoria, v. 21, n. 1, p. 65-70, Jan. 2001.

VASQUEZ-YANES, C.; OROSKO-SEGOVIA, A. Fisiología ecológica de sevelhas en la Estación de Biología Tropical de "Los Tuxtlas", Vera Cruz, México. *Revista de Biología Tropical*, San José, 1987. (in press).

VILELA A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *proposis* L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environmental*, London, v. 44, n. 4, p. 415-423, Apr. 2000.

WALKER-SIMMONS MK. Recent advances in ABA-regulated gene expression in cereal seeds: evidence for regulation by PKABA1 protein kinase. *In* M Black. KJ Bradford. 2000.

WARDLAN, I. F. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist*. Cambridge. v. 116, n. 3, p. 341-381. Nov. 1990.

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**, Amsterdam, v. 127, n. 1/3, p. 139-151, Mar. 2000.

WESTON, E.; THOROGOOD, K.; VINTI, G.; LÓPEZ-JUEZ, E. Light quantity controls leaf-cell and chloroplast development in *Arabidopsis thaliana* wild type and blue-light perception mutants. **Planta**, v. 211, p. 807-815, 2000

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas: temas de biologia**. São Paulo: EDUSP, 1982. v. 30. 101 p.

WIEBEL, J.; CHACKO, E. K.; DOWNTON, S. J. S.; LUDDERS, P. Influence of irradiance on photosynthesis, morphology and growth of mangoesteen (*Garcinia mangostana* L.) seedlings. **Tree Physiology**, Victoria, v. 14, n. 3, p. 263-274, Mar. 1994.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO E DA TEMPERATURA SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cupania vernalis* Camb.(Sapindaceae)

1 RESUMO

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Influência da escarificação e da temperatura sobre a germinação de sementes de *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae), 2004. 115p. (Dissertação-Mestrado, Agronomia/Fisiologia Vegetal)*

Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) é uma espécie nativa, ocorrendo desde Minas Gerais, Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, em quase todas as formações florestais, de grande utilidade para plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas de preservação permanente. O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento da embebição de suas sementes, assim como a temperatura ótima de germinação e métodos de escarificação mecânica e química visando à quebra da dormência destas sementes. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, foram testadas, em sementes intactas e sementes destituídas de tegumento, quatro temperaturas (25°C e 35°C constantes e 15°C/25°C e 25°C/35°C alternadas noite/dia); no segundo experimento, realizado a 35°C, foram avaliados diferentes tempos de submersão das sementes em ácido sulfúrico concentrado (5, 15 e 30 minutos) e escarificação mecânica, utilizando-se lixa de papel de textura fina. A germinação foi realizada em rolos de papel germitest, com quatro repetições de 25 sementes/rolo em DIC. A germinação das sementes foi conduzida em câmaras tipo BOD com controle fototermoperiódico de 12 horas. Os resultados da curva de embebição demonstraram que o tegumento não constituiu em impedimento para a absorção de água pela semente, muito embora tenha ocorrido um retardamento neste processo. Quanto à temperatura, não foram observadas diferenças na percentagem final de germinação. Contudo, verificou-se uma redução no índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes apenas no regime térmico de 15-25°C. Sementes destituídas de tegumento ou escarificadas em lixa, submetidas a 35°C, apresentaram maiores percentagem de germinação; a escarificação mecânica em lixa foi o método mais prático para ser utilizado em larga escala, pois com este tratamento foram obtidas altas percentagem de germinação. A escarificação com ácido sulfúrico concentrado por 15 minutos proporcionou uma menor percentagem de germinação (80%) quando comparada com a escarificação em lixa e a retirada manual do tegumento da semente.

2 ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Influence of scarification and temperature on seed germination of *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae). 2004. 115 p. (Dissertation – Master in Agronomy/Plant Physiology)

Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) is a native specie, occurring since Minas Gerais, Mato Grosso do Sul as far as Rio Grande do Sul, in almost all the forest associations . It has great utility for mixed plantings aiming to the recovery of degraded areas of permanent preservation. The purpose of this work was to investigate the behavior of seed imbibition as well as the optimum germination temperature and mechanical and chemical scarification methods, trying to promote the seed dormancy breakdown. Two experiments were performed ,in the first one, four temperatures (25 e 35°C constant and 15/25 and 25/35°C alternate night/day); being tested on whole seeds and tegumentless seeds, (in the second experiment conducted at 35°C, different soaking times of the seeds in concentrated sulfuric acid (5, 15 e 30 minutes) were evaluated and mechanical scarification by utilizing fine-textured paper sandpaper. Germination was performed on germitest paper rolls, with four replicates of 25 seeds per roll at the DIC. The seed germination was performed in BOD type chambers provided with photothermoperiodic control of 12 hours. The results of the imbibition curve showed that the tegument did not come to be a hindrance for water uptake by the seed ,although a delay in this process had indeed taken place. As to temperature, no differences were observed in the final percentage of germination. However, a reduction in the germination velocity index (GVI) of the seeds only in the thermal regime of 15-25°C was verified. Tegumentless or sandpaper scarified seeds submitted to 35 C showed the highest percentages of germination; the sandpaper-mechanic scarification was the most practical method to be utilized on a large scale and using this method, high percentages of germination were obtained. The scarification by concentrate sulfuric acid for 15 minutes provided a lower germination rate (80%) as compared with sandpaper scarification and the hand-removal of the seed tegument.

3 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande diversidade de espécies florestais, o que, evidentemente, gera uma carência de informações no que diz respeito, por exemplo, às diferentes fases do seu ciclo biológico, aos sistemas de propagação, enfim, ao processo de produção de mudas. Diante dessas dificuldades, torna-se necessário o desenvolvimento de estudos sobre espécies nativas com potencialidades para programas de reflorestamento, seja com finalidade conservacionista ou econômica.

Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae), conhecida popularmente como camboatã, arco-de-peneira e pau-de-cantil, é uma espécie que ocorre em quase todos os ecossistemas florestais (cerrado e mata ciliar), desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. A importância da espécie é vista no plano ecofisiológico e econômico, podendo ser utilizada tanto na recomposição de áreas degradadas de preservação permanente quanto no paisagismo, além de sua grande importância para a fauna, uma vez que seus frutos são muito apreciados por pássaros na alimentação. Segundo Lorenzi (2000), o grande entrave para sua propagação e posterior produção de mudas em larga escala é a germinação das suas sementes que geralmente é muito baixa e lenta.

A diversidade da flora brasileira é considerada como uma das maiores do mundo, apresentando grande potencial de utilização. Entretanto, pouca atenção vem sendo dada a essas espécies, o que pode ser atribuído, entre outros fatores, à obtenção limitada de sementes, à dormência apresentada pelas mesmas na maioria das espécies e, ainda, à baixa longevidade das sementes, que tornam limitantes o processo de produção de mudas.

Dentre os principais aspectos necessários para a implantação e o manejo de florestas nativas, destaca-se o processo de germinação das sementes, que

pode fornecer subsídio para a compreensão da regeneração natural e a tecnologia de produção de mudas das espécies de interesse.

Considerando uma gama de fatores de natureza endógena à semente, associada ao processo germinativo, destaca-se a dormência, por constituir-se num impedimento à pronta germinação da semente e por assumir fundamentalmente função ecológica (Popinigis, 1985; Desai et al., 1997; Borghetti, 2000). Nos últimos anos, as pesquisas enfocando os mais diversos aspectos da dormência de sementes têm sido dirigidas no sentido de caracterizar a sua classe, geralmente contraída durante o seu desenvolvimento (Castelani & Aguiar, 2001; Tigabu & Oden, 2001; Rajput & Tiwari, 2001).

Em muitas espécies tropicais, no entanto, suas sementes germinam prontamente e rapidamente quando maduras (Alexandre, 1980); enquanto em várias outras espécies, as sementes podem permanecer dormentes por muitos anos (Carpenter et al., 1993). As sementes, quando maduras, podem apresentar diferentes tipos de dormência, como a presença de embrião imaturo, presença de inibidores em diferentes regiões da semente, tegumento impermeável à água e a gases e tegumento conferindo resistência física ao desenvolvimento do embrião (Bewley & Black, 1994; Hilhorst, 1995; Tigabu & Oden, 2001; Rajput & Tiwari, 2001; Castelani & Aguiar, 2001). Todos esses fatores são indesejáveis no processo de produção de mudas, os quais traduzem, geralmente, em taxas de germinação nulas ou muito baixas e desuniformes.

Este trabalho teve como objetivos primordiais estudar as respostas das sementes de *Cupania vernalis* a fatores como embebição, regimes térmicos, diferentes métodos de escarificação visando, à superação da dormência das sementes, com o propósito fundamental de desenvolver metodologias ou protocolos de germinação para a espécie em estudo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Crescimento e Desenvolvimento de Plantas, Setor de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, MG.

Os frutos de *Cupania vernalis* Camb. foram colhidos na época de dispersão (setembro, 2002), em árvores localizadas em Macaia, MG, município de Bom Sucesso, MG, próximo a Hidrelétrica do Funil. Posteriormente, os frutos foram transferidos para o laboratório, onde ocorreu a deiscência natural, seguida da retirada do arilo das sementes manualmente e posterior tratamento com Benomyl 5% por 10 minutos.

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições de 25 sementes com umidade de 46,37%. Foram realizadas contagens diárias, sendo avaliados a porcentagem final de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG). Para proceder à análise estatística, os dados de germinação foram transformados em arco seno $(x/100)^{0,5}$ e o índice de velocidade de germinação em raiz $(X + 0,5)$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Foram realizados cortes manuais de seções transversais do tegumento da semente. Essas seções foram coradas com safra-blau (safranina, azul de astra) para posterior confecção e observação das lâminas. Foram realizados, ainda, testes histoquímicos com fluoroglucina.

4.2 Curva de embebição

Foram utilizados lotes de sementes intactas e sementes sem o tegumento (retirado manualmente). As sementes foram divididas em três amostras de 10

sementes cada e colocadas em rolo de papel germtest umedecido com água destilada (2,5 vezes o peso do papel) a uma temperatura ambiente de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. A primeira pesagem foi realizada com as sementes secas e as demais durante o início do processo de embebição. Nas primeiras 12 horas de embebição, foram realizadas pesagens a cada 30 minutos e, nas 12 horas subseqüentes, as pesagens foram realizadas de hora em hora e, posteriormente, a cada três horas. A porcentagem de incremento sobre a massa fresca inicial foi calculada por meio da expressão:

$$\% \text{ de incremento sobre a massa fresca inicial (MFI)} = \frac{(\text{MFU}) - (\text{MFI})}{\text{MFI}} \times 100$$

Onde:

MFU = massa fresca úmida

MFI = massa fresca inicial

4.3 Efeito da temperatura

Sementes intactas e sem tegumento foram submetidas a diferentes regimes térmicos para germinação [25°C - 15°C e 25°C - 35°C (alternadas dia/noite); 25°C e 35°C (constante)]. O substrato utilizado foi o rolo de papel germtest, colocado em béqueres de 250 mL contendo 50 mL de água e cobertos com sacos plásticos para uniformizar a umidade no meio de germinação. Foram utilizadas câmaras de germinação do tipo BOD com controle fototermoperiódico, fotoperíodo de 12 horas e umidade relativa de aproximadamente 100%.

4.4 Escarificação química com ácido sulfúrico

Sementes intactas foram colocadas em ácido sulfúrico concentrado por 5, 15 e 30 minutos, a partir de pré-testes realizados.

Após a escarificação, as sementes foram lavadas em água destilada e, posteriormente, colocadas para germinar a 35°C em BOD.

Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes cada, sendo o delineamento empregado em DIC.

4.5 Escarificação mecânica

As sementes de *Cupania vernalis* foram atritadas em lixa de papel nº 10, na região oposta ao eixo embrionário até aparecer os cotilédones. Posteriormente, foram colocadas para germinar em BOD a 35°C. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes cada, sendo o delineamento empregado em DIC.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados apresentados na Figura 1, observa-se, pelo maior incremento de massa fresca apresentada, que as sementes sem tegumento absorvem água com mais facilidade quando comparadas com as sementes intactas. Em ambos os lotes de sementes, a maior velocidade de absorção de água ocorreu nas primeiras 25 horas de embebição.

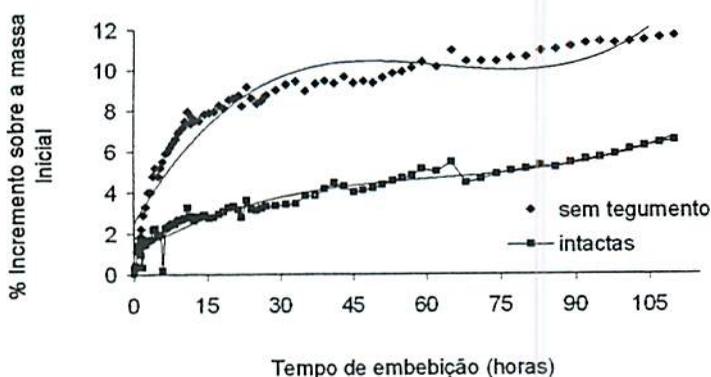


FIGURA 1 Porcentagem de incremento em relação à massa fresca inicial de sementes de *Cupania vernalis*, intactas e sem tegumento.

Não foi verificado nenhum impedimento para a absorção de água em sementes de *Cupania vernalis*. Entretanto, verificou-se, ao longo do período de observação, um retardamento na absorção de água em sementes intactas em relação às sementes sem tegumento.

Na Figura 2 são apresentados os resultados relativos à porcentagem de germinação das sementes sob diferentes regimes térmicos. Embora não tenham sido observados efeitos da temperatura sobre a germinação nos diferentes lotes de sementes (intactas e sem tegumento), as sementes sem tegumento exibiram um percentual germinativo próximo ao máximo quando comparadas com as sementes intactas. Comportamento com tendência semelhante foi observado no IVG para os dois lotes de sementes, com as sementes destituídas de tegumento germinando mais rapidamente em relação às intactas, sobretudo nas temperaturas de 25°C, 35°C (constante) e 25°C-35°C (alternadas) o IVG (Figura 3). Os resultados observados estão substanciados no fato de que as sementes sem tegumento absorvem água com maior velocidade (Figura 1) e, ainda, favorecidas pelas temperaturas constantes entre 25°C, 35°C, e 25°C-35°C (Figura 3). Em sementes intactas, não foi observada qualquer diferença no IVG entre os tratamentos térmicos estudados (Figura 3).

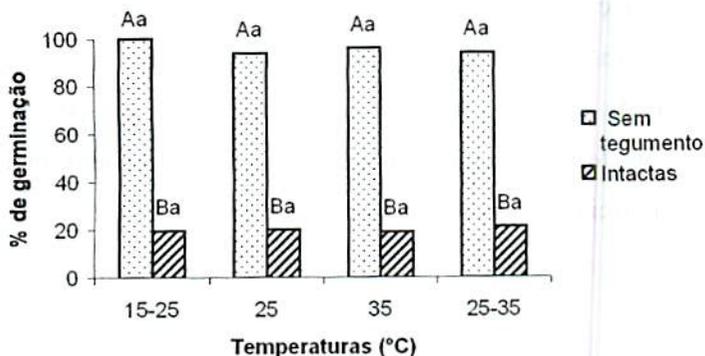


FIGURA 2 Valores médios da percentagem final de germinação de sementes de *Cupania vernalis*, intactas e sem tegumento, submetidas a diferentes temperaturas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

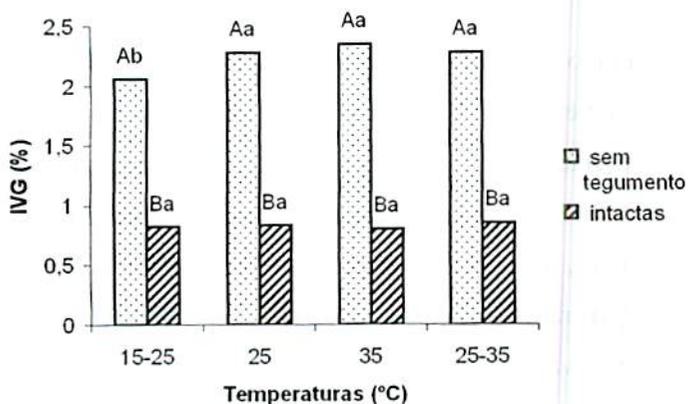


FIGURA 3 Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes intactas e escarificadas de *Cupania*, submetidas a diferentes temperaturas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando-se a percentagem final de germinação e o IVG entre as sementes intactas e sementes sem tegumento, pode-se verificar que o tegumento

reduziu a germinação de sementes de *Cupania vernalis*, pelo fato de atuar no retardamento da absorção de água e, muito provavelmente, na resistência física ao crescimento do embrião. A presença de uma densa e espessa camada de esclerênquima no testa da semente poderá estar atuando como uma barreira à retomada do crescimento do embrião, conferindo subsídio a esta hipótese (Figura 4).



FIGURA 4 Fotomicrografia da seção transversal do tegumento de sementes de *Cupania vernalis* evidenciando a densa camada de esclerênquima.

Considerando-se as diferentes temperaturas avaliadas durante o processo germinativo das sementes de *Cupania vernalis*, pôde-se verificar que a espécie em questão apresenta alta porcentagem de germinação numa faixa térmica variando de 15°C a 35°C, não havendo diferença na sua porcentagem final. Todavia, as sementes, quando submetidas a uma temperatura alternada de 15°C-25°C (alternada), tiveram seu IVG reduzido de forma significativa em relação às outras temperaturas avaliadas.

Segundo Bewley e Black (1994), sementes de diferentes espécies apresentam grande variação no comportamento quanto à temperatura de germinação, apresentando uma faixa ótima, situada entre as temperaturas da época propícia à germinação no hábitat natural (Baskin & Baskin, 1992; Teketay, 1998; Villalobos & Peláez, 2001). A variabilidade de respostas quanto ao requerimento de temperatura é um reflexo da adaptação das espécies ao ambiente de ocorrência (Thompson, 1970). Essa resposta é de origem genética,

devido, principalmente, à plasticidade fenotípica, que permite a germinação e o estabelecimento da plântula em diversas condições ambientais (Thompson, 1974; Maluf & Martins, 1991).

Resultados semelhantes foram obtidos por Miranda & Ferraz (1999), estudando o efeito de temperaturas constantes entre 10°C e 35°C sobre a germinação de sementes de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. Berg. Estes autores verificaram que a emissão da radícula acontece entre 15°C e 35°C, com os maiores percentuais de germinação ocorrendo entre 25°C e 35°C. Entretanto, o IVG foi maior em temperaturas de 30°C e 35°C.

Baixas temperaturas podem não somente reduzir a porcentagem de germinação, como também retardar o processo, devido à redução das atividades enzimáticas envolvidas no metabolismo da semente (Simon et al. 1976; Bewley & Black, 1994). Segundo Scatena et al. (1996), a correlação positiva entre porcentagem e velocidade de germinação das sementes garante o sucesso na obtenção e no estabelecimento de novas plântulas.

A germinação em uma extensa faixa de temperatura é uma estratégia que permite à espécie ocupar uma ampla variedade de regiões climáticas (Bewley & Black, 1994), além de assegurar alta capacidade de estabelecimento em campo, aumentando as chances de sobrevivência em comparação com aquelas que apresentam estreito limite de temperatura para germinação.

Quanto ao efeito da escarificação das sementes, foram observados incrementos na ordem de 30%, 50% e 60% na porcentagem final de germinação quando estas foram submetidas à escarificação com ácido sulfúrico concentrado por 5, 30 e 15 minutos, respectivamente, em relação à testemunha. Entretanto, em sementes destituídas de tegumento, a porcentagem de germinação atingiu valores de 100% (Figura 5).

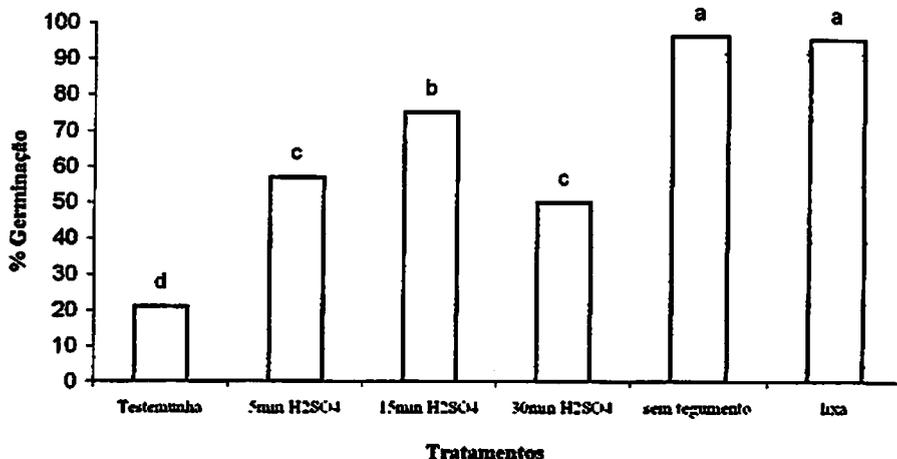


FIGURA 5 Efeito da escarificação química com ácido sulfúrico concentrado e mecânica (lixa e retirada manual do tegumento) sobre a germinação de *Cupania vernalis* (sementes germinadas a 35°C).

O emprego do ácido sulfúrico parece ser eficiente na quebra da dormência tegumentar desta espécie, podendo atuar na quebra da resistência da densa camada de esclerênquima presente no tegumento destas sementes (Figura 4). A maior porcentagem de germinação apresentada pelas sementes foi naquelas submetidas ao tratamento ácido durante 15 minutos.

Em 30 minutos de tratamento, parece ter havido uma ação deletéria no eixo embrionário das sementes, porém, o período de cinco minutos não foi suficiente para a obtenção de uma considerável porcentagem de germinação.

Como pode ser observado na Figura 5, os métodos mais eficientes na quebra de dormência desta espécie são a retirada do tegumento manualmente ou a utilização de lixa, que proporcionaram uma germinação de 100%.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bhardwaj & Chakraborty (1994), estudando a germinação de sementes de *Terminalia bellirica*. Esses autores conseguiram 88% de germinação escarificando as sementes com ácido sulfúrico concentrado durante 12 minutos. Delachiave & Pinho (2003)

obtiveram as maiores porcentagem de germinação após submeterem sementes de *Senna occidentalis* Link. a uma escarificação com ácido sulfúrico concentrado por um período de 15 a 20 minutos.

Estudando o efeito da escarificação e da temperatura em sementes de *Lupinus arboreus*, Mackay et al.(2001) verificaram que as sementes desta espécie devem ser escarificadas e submetidas a temperaturas de 18°C - 24°C, para se obter uma maior porcentagem de germinação mais elevada (>80%) em relação às sementes intactas (5% de germinação). Singh & Deswal (2002), estudando a germinação e o estabelecimento de plântulas de diferentes espécies de *Cajanus*, verificaram que a escarificação com ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos parece ser o método mais prático e eficiente para aumentar a germinação, tanto em condições de laboratório como em campo, quando se utiliza um lote maior de sementes.

Rincón-Rosales et al. (2003) verificaram que a imersão em ácido sulfúrico concentrado por um período de 15 minutos foi a técnica que melhor proporcionou uma elevada porcentagem de germinação num menor período de tempo em sementes de *Acacia angustissima*. Trata-se de uma técnica facial de aplicar e muitas sementes podem ser tratadas por vez.

6 CONCLUSÕES

A entrada de água nas sementes de *Cupania vernalis* tem sua velocidade reduzida pelo tegumento.

A dormência de sementes de *Cupania vernalis* é superada pela escarificação mecânica ou retirada do tegumento.

A retirada do tegumento reduz o tempo médio de germinação, passando de 20-30 dias para 4-6 dias.

As temperaturas de 25°C, 35°C e 25°C-35°C afeta a porcentagem final de germinação.

No regime térmico de 15°C-25°C houve um aumento no tempo médio de germinação das sementes.

A escarificação das sementes com lixa proporciona altas taxas de germinação quando comparadas com as sementes intactas e sementes escarificadas com ácido sulfúrico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, D. Y. Caricature saisonnier de la fructification dans une forêt hygrophile de Côte d'Ivoire. *Terre et la Vie Revue d'Ecologie*, Paris, v. 34, n. 3, p. 335-350, 1980.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of weedy species of disturbed forests. I. *Labelia inflata*. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 70, n. 3, p. 589-592, Mar. 1992

BHARDWAJ, S. D.; CHAKRABORTY, A. K. Studies on time of seed collection, sowing and presowing seed treatments of *Terminalia bellirica* Roxb. And *Terminalia chebula* Retz *Indian Forester*, Dehra Dun, v. 120, n. 5, p. 430-438, May 1994.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 45 p.

BORGHETTI, F. Ecofisiologia da germinação das sementes. *Universa*, Brasília, v. 8, n. 1, p. 149-180, 2000.

CARPENTER, W. J.; OSTMARK, E. R.; RUPPERT, K. C. Promoting rapid germination of needle palm seed. *Proceedings, Florida State Horticultural Society*, Gainesville, v. 106, p. 336-338, May 1993

CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 29, n. 1, p. 73-82, 2001.

DELACHIAVE, M. E. A.; ZAMBELLO DE PINHO, S. Scarification, temperature, and light in germination of *Senna occidentalis* seed (Caesalpinaceae). *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 31, n. 2, p. 225-230, 2003.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKE, D. K. *Seeds handbook: biology, production, processing and storage*. New York: Marcel Drekker, 1997. 627 p.

HILHORST, H. W. M. A critical update on seed dormancy. 1. Primary dormancy. *Seed Science Research*, Wallingford, v. 5, n. 1, p. 61-73, Mar. 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 3.ed.

MACKAY, W. A.; DAVIS, T. D.; SANKHLA, D. Influence of scarification and temperature on seed germination of *Lupinus arboreus*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 543-548, 2001.

MALUF, A. M.; MARTINS, P. S. Germinação de sementes de *Amaranthus hybridus* L. e *Amaranthus viridis* L. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 3, p. 417-425, ago. 1991.

MIRANDA, P. R. M.; FERRAZ, I. D. K.; Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C. C. Berg. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 303-307, out. 1999.

POPININGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: AGRIPLAN, 1985. 285 p.

RAJPUT, A.; TIWARI, K. P. Effect of alternat chilling/heating on germination of fresh teak (*Tectona grands* L. f) drups, without sscarification of felt mesocarp. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 1, p. 56-64, 2001.

RINCÓN-ROSALES, N. R.; CULEBRO-ESPINOSA, F. A.; GUTIERREZ-MICELI; DENDOOVEN, L. Scarification of seedas of *Acacia angustissima* Mill Kuntze and its effect on germination . **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 2, p. 301-307, 2003.

SCATENA, V. L.; LEMOS, F. J. P.; LIMA, A. A. A. Morfologia do desenvolvimento pós-seminal de *Syngonanthus elegans* e *S. niveus* (Eriocaulaceae). **Acta Botânica Brasílica**, São Carlos, v. 10, n. 1, p. 85-91, jan./abr. 1996.

SIMON, E. W.; MINCHIN, A.; McMENAMIN, M. M.; SMITH, J. M. the low temperature limit for seed germination. **New Phytologist**, Cambridge, v. 77, n. 2, p. 301-311, 1976.

SINGH, R. K.; DESWAL, D. P. Enhancement of germination and seedling establishment in different *Cajanus* species, **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 30, n. 2, p. 323-327, 2002.

TEKETAY, D. Germination ecology of twelve indigenous and eight exotic multipurpose leguminous species from Ethiopia, **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 80, n. 1/3, p. 209-223, Jan. 1996.

TEKETAY, D. Germination of *Acacia origena*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatment, temperature e light. **Journal of Arid Environment**, London, v. 38, n. 4, p. 551-560, Apr. 1998

THOMPSON, P. A. Characterization of the germination response to temperature of species and ecotypes. **Nature**, London, v. 225, p. 827-831, 1970.

TIGABU, M.; ODEM, P. C. Effect of scarification, giberellic acid and temperature on seed grmination of rwo multipurpose *Albizia species* from Ethiopia. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29 n. 1, p. 11-20, 2001.

VILLALOBOS, A. E.; PELÁEZ, D. V. influences of temperature and water stress on germination and establishment of *Prosopis caldenia* Burk. **Journal of Arid Environment**, London, v. 49, n. 2, p. 321-328, Oct. 2001

CAPÍTULO 3

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cupania vernalis* CAMB. (Sapindaceae) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM E ARMAZENAMENTO

1 RESUMO

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Germinação de sementes de *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae) sob diferentes condições de secagem e armazenamento. 2004. 115p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/ Fisiologia Vegetal)*

O conhecimento sobre fisiologia da germinação e armazenamento de sementes de *Cupania vernalis* Camb. é de grande importância no processo de formação de mudas, considerando que a espécie é de grande potencial para uso em plantios mistos e recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, no paisagismo, entre outras. Este conhecimento permite a utilização de condições adequadas para a conservação da viabilidade das sementes após a colheita, permitindo assim suprir a demanda de sementes em anos de baixa produção. Esse trabalho teve como objetivo primordial estudar o efeito de diferentes condições de secagem sobre a viabilidade de sementes e diferentes embalagens e condições ambientais no armazenamento de sementes de *Cupania vernalis* Camb. Num primeiro experimento, sementes foram submetidas a duas diferentes taxas de secagem: uma rápida, em estufa a 35°C e outra lenta, em temperatura ambiente a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, sob condições de laboratório. Num segundo experimento, as sementes foram armazenadas em diferentes ambientes (câmara fria a 10°C e temperatura ambiente a $28 \pm 2^\circ\text{C}$) e acondicionadas em diferentes tipos de embalagem (sacos plásticos, sacos de alumínio e de papel), por um período de 4 meses. Mensalmente, foram procedidas avaliações de porcentagem de germinação e monitoramento do teor de umidade. Os testes de germinação foram realizados em câmaras tipo B. O. D com controle fototermoperiódico (fotoperíodo de 12 horas), temperatura de 35 °C e umidade relativa de aproximadamente 100%. O substrato utilizado foi o rolo de papel germtest. Todos os experimentos foram conduzidos em DIC (delineamento inteiramente casualizado) com 4 repetições de 25 sementes destituídas de tegumento e arilo, com umidade inicial de 46,37%. Os resultados demonstraram que as sementes não toleram secagem, sendo o teor crítico de umidade dessas sementes de 30%, independentemente da condição de secagem a que foram submetidas. As maiores porcentagens de germinação ao término do período de armazenamento foram verificadas nas sementes acondicionadas em sacos de polietileno ou alumínio, armazenadas em câmara fria a 10°C.

2 ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Germination of *Cupania vernalis* Camb. (Sapindaceae) seeds under different drying and storage conditions. 2004. 115p. (Dissertation – Master in Agronomy/Plant Physiology) *

The knowledge of germination and storage physiology of seeds of *Cupania vernalis* Camb. is important in the process of seedling-development, taking into account that the specie has great potential for use in mixed plantings and recovery of degraded areas of permanent preservation, in landscaping, among others. This knowledge enables the use of adequate conditions for the conservation of the seed viability after harvest, allowing to supply the demand of seeds in years of low yield. This work was designed mainly to study the effect of different drying conditions on seed viability and different packages and environmental conditions upon the storage of seeds of *Cupania vernalis* Camb. In a first experiment, seeds were subjected to two different drying rates, one fast in stove at 35 °C and another slow at room temperature at 28 ± 2 °C, under laboratory conditions. In a second experiment, the seeds were stored in different environments (cold chamber at 10°C and room temperature at 28 ± 2 °C) and packed in different sorts of package (plastic bags, aluminum and paper bags), for a 4 months period. Monthly, evaluations of the percentage of germination and moisture content were made. The germination tests were done in a type B chamber with photothermoperiodic control (12-hour photoperiod), temperature of 35 °C and relative humidity around 100%. The substrate utilized was the germtest paper roll. The experimental design was fully randomized with four replicates of 25 tegumentless and arilless seeds, with initial moisture of 46.37%. The results showed that the seeds do not stand drying, the critical moisture content was 30%, independent of drying system used. The highest percentages of germination at the end of the storage period were found in the seeds packed in polyethylene or aluminum bags stored in cold chamber at 10°C.

3 INTRODUÇÃO

Sementes utilizadas para a produção de mudas devem ser mantidas íntegras e viáveis, sobretudo quando a semeadura não ocorre imediatamente após a maturação e colheita das sementes. Entre as espécies florestais, na maioria das vezes, torna-se difícil preservar a viabilidade e o vigor das sementes; por isso, fatores como temperatura e umidade devem ser considerados durante o armazenamento, visando prolongar a longevidade e a sua viabilidade (Ramos, 1980; Alvarenga, 1987; Corrêa, 1997; Oladiran & Agunbiade, 2000). Em adição, o armazenamento constitui ainda, uma ferramenta para suprir a demanda de sementes em safras de baixa produção. As espécies arbóreas, principalmente as de clímax, podem apresentar comportamento sazonal na produção de sementes, como as demais plantas perenes. O armazenamento possibilita a conservação de bancos de germoplasma de populações conhecidas ou pouco conhecidas, possibilitando, ainda, o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de tecnologia e fisiologia de sementes (Bonner, 1990).

A utilização de testes para diferentes condições de armazenamento visa primordialmente, a indicação do melhor método para conservar a viabilidade das sementes, por um maior espaço de tempo.

De acordo com o comportamento das sementes frente ao armazenamento, elas podem ser classificadas como ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias, determinado, principalmente, pelo nível de tolerância dessas sementes à dessecação (Roberts, 1973; Kraak, 1993). As sementes ortodoxas podem ser seguramente desidratadas a baixos níveis de umidade, geralmente, em média, a 5%. De maneira geral, a longevidade das sementes ortodoxas aumenta com a redução do teor de umidade. Sob baixas temperaturas e umidade relativa, as sementes ortodoxas podem ser armazenadas por muitos anos, sem que haja perdas significativas de viabilidade.

As sementes recalcitrantes são sensíveis à dessecação e baixas temperaturas, apresentando, em geral, um alto teor de umidade. Portanto, a longevidade das sementes recalcitrantes é relativamente curta. Em adição, torna-se difícil o estabelecimento de protocolos de armazenamento que venham a proporcionar a manutenção da integridade estrutural e viabilidade dessas sementes (Varghese & Naithani, 2000; Sun & Liang, 2001; Varghese et al., 2002; Kundu et al., 2003).

Uma terceira categoria de sementes, de comportamento intermediário, pode sobreviver sob secagem moderada, geralmente a 12% de umidade. Essas sementes podem ser armazenadas por um tempo razoável, desde que as condições do ambiente e de embalagens sejam bem definidas.

Este trabalho teve como proposta estudar o comportamento de sementes de *Cupania vernalis* sob diferentes embalagens, condições de secagem e de ambiente de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Crescimento e Desenvolvimento de Plantas, Setor de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, MG.

Frutos de *Cupania vernalis* Camb. foram colhidos em setembro de 2003, em fase inicial de deiscência, em árvores localizadas no distrito de Macaia, município de Bom Sucesso, MG, próximo a Hidrelétrica do Funil. Posteriormente, os frutos foram transferidos para laboratório, onde ocorreu a completa deiscência natural, seguida de tratamentos antifúngicos.

O teor inicial umidade inicial do lote de sementes foi de 46%. Essas sementes foram submetidas a diferentes secagens e condições de armazenamento.

Num primeiro experimento, um lote de sementes foi submetidas a duas diferentes taxas de secagem: rápida, em estufa a 35°C ou lenta, em temperatura ambiente a $28 \pm 2^\circ\text{C}$, sob condições de laboratório.

Para se determinar a viabilidade das semente, foram realizados testes de germinação a cada três dias, nos primeiros 12 dias de avaliações. Após esse período, as avaliações foram realizadas de seis em seis dias.

O monitoramento do teor de umidade das sementes foi realizado nos mesmos períodos de avaliações dos testes de germinação.

A taxa de secagem foi expressa em perda de umidade das sementes por dia de secagem.

Num segundo experimento, as sementes foram armazenadas em diferentes ambientes (câmara fria a 10°C e temperatura ambiente $28 \pm 2^\circ\text{C}$, sob condições de laboratório) e acondicionadas em diferentes tipos de embalagem (sacos plásticos, sacos de alumínio e de papel), por um período de 4 meses. Mensalmente, foram procedidas avaliações de porcentagem de germinação e monitoramento do teor de umidade.

Foram realizadas contagens diárias, sendo avaliada a porcentagem final de germinação como parâmetro de viabilidade das sementes.

O teor de umidade foi determinado com base em massa fresca, em estufa a 105°C, por 48 horas.

Os testes de germinação foram realizados em câmaras tipo BOD., com controle fototermoperiódico (fotoperíodo de 12 horas), temperatura de 35°C e umidade relativa de aproximadamente 100%. O substrato utilizado foi o rolo de papel germtest.

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições de 25 sementes sem tegumento e arilo, com umidade de 46,37%. Para a análise estatística, os dados de germinação foram transformados em arco seno $(x/100)^{0.5}$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dessecação de sementes

O teor inicial de umidade das sementes de *Cupania vernalis*, logo após a abertura dos frutos, foi de 46%, proporcionando germinação máxima (Figura 1). Observou-se uma redução acentuada na porcentagem de germinação das sementes submetidas à secagem em estufa a 35°C, quando estas atingiram um teor de umidade inferior a 30%. As sementes perderam totalmente a viabilidade quando atingiram uma umidade de 18%. Em relação às sementes desidratadas em condições de laboratório (ambiente 28±2°C), verificou-se, naturalmente, uma redução na porcentagem de germinação de 100% para 80%, no intervalo de umidade de 45% para 37%. Com 20% de umidade, as sementes mostraram-se totalmente inviáveis, fato semelhante ao ocorrido com as sementes desidratadas em estufa (Figuras 1a e 1b).

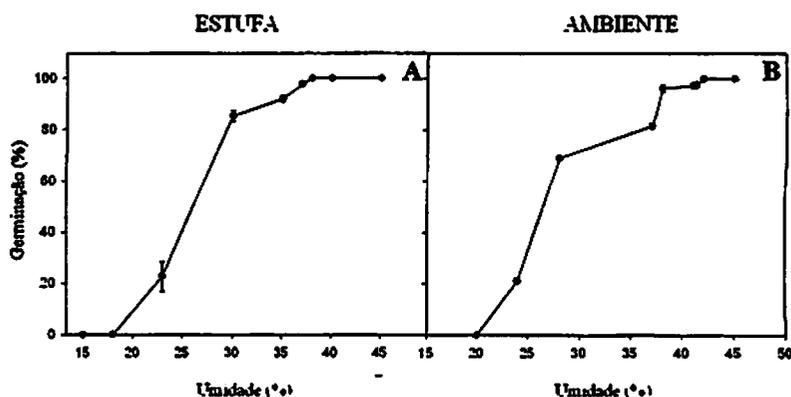


FIGURA 1: Relação entre teor de umidade (%) e porcentagem de germinação de sementes de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes condições de secagem.

As sementes de *Cupania* apresentaram um teor crítico de umidade de aproximadamente 30% de umidade, em ambos os métodos de secagem, a partir do qual os percentuais germinativos caem substancialmente. O teor crítico de umidade é aquele abaixo do qual há uma redução acentuada na porcentagem de germinação.

Vários trabalhos vêm sendo realizados para elucidar a eventual necessidade ou sensibilidade das sementes ao processo de dessecação, sendo de grande importância quantificar esse comportamento (Dayal & Kaveriappa, 2000; Walters, 2001; Varghese et al., 2002; Hidayati et al., 2002; Barbedo et al., 2002).

Estudando o efeito de diferentes métodos de dessecação em sementes de *Hopea parviflora* e *Hopea ponga*, Dayal & Kaveriappa (2000) verificaram que o teor crítico de umidade para sementes de ambas as espécies estudadas é de aproximadamente 26-28%. Abaixo dele, as sementes perdem sua viabilidade, independentemente do tipo de secagem a que foram submetidas, confirmando a natureza recalcitrante dessas espécies.

Varghese et al. (2002), estudando o comportamento de sementes de *Madhuca indica* quanto a diferentes condições de secagem e armazenamento, verificaram que sementes recém-colhidas, com teor de umidade de aproximadamente 53% e sementes desidratadas em condição de ambiente até 39,4% de umidade, apresentavam 100% de viabilidade. Entretanto, sementes desidratadas em sílica gel com teor de umidade de 37,7% apresentaram apenas 11% de viabilidade.

Com relação às taxas de secagem das sementes de *Cupania*, foram observadas maiores taxas nos primeiros 10 dias de secagem nas sementes secas em estufa e nos primeiros três dias para as secas em condições de ambiente. As sementes submetidas à secagem em estufa perderam aproximadamente 1,7% de umidade por dia até o décimo dia, havendo uma queda na taxa de dessecação

após esse período. As taxas de dessecação tenderam a se estabilizar após o 27º dia de secagem, tanto para as sementes secas em estufa como para aquelas secas em condições de ambiente, tendo os valores médios nas sementes secas em ambiente sido sempre inferiores aos das sementes secas em estufa (figura 2).

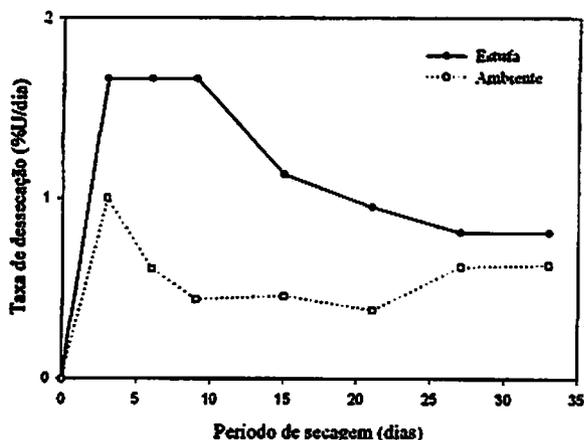


FIGURA 2 Taxa de secagem das sementes de *Cupania vernalis* em condições de ambiente e estufa, durante todo o período de secagem das sementes.

Diferenças significativas na porcentagem de germinação foram observadas em relação às diferentes taxas de secagem das sementes. Considerando-se a umidade de 30% como exemplo, as sementes desidratadas em estufa apresentaram aproximadamente 85% de germinação enquanto que as sementes secas em condições de ambiente com o mesmo teor de umidade apresentaram apenas 70% (Figuras 1a e 1b). Esses resultados mostram, de maneira inequívoca, a influência direta da taxa de secagem na manutenção da viabilidade das sementes de *Cupania*, sendo mais favorável uma secagem mais rápida.

Verifica-se, pela Figura 3a, que as sementes desidratadas em estufa atingiram as menores médias de umidade quando comparadas com as sementes secas em condições de ambiente, durante todo o período de secagem. Na Figura

3b, fica evidenciado que, a partir do vigésimo dia de secagem, há uma queda acentuada na porcentagem de germinação em ambas as condições de secagem. Entretanto, as sementes secas em estufa perderam totalmente a viabilidade com 33 dias de secagem, enquanto que para as sementes secas em condições de ambiente essa perda aconteceu aos 39 dias.

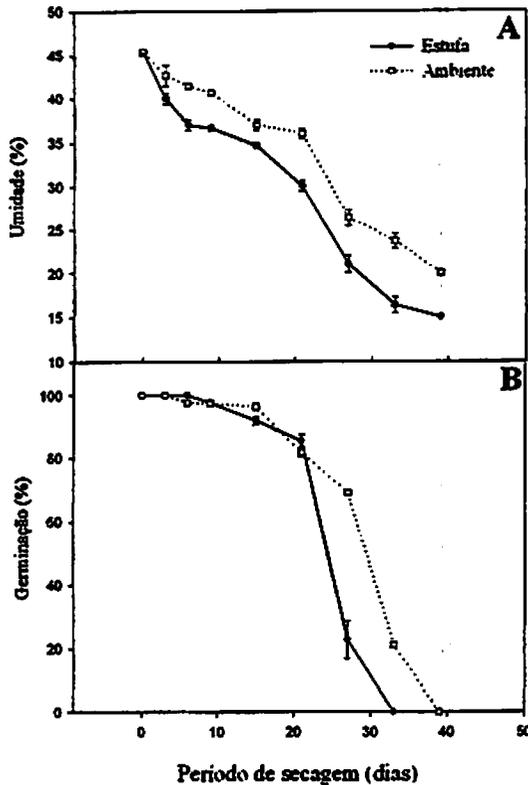


FIGURA 3 Relação entre porcentagem de germinação e conteúdo de umidade com o período de secagem das sementes.

Estudando o efeito de diferentes condições de secagem em sementes de *Aquilaria agallocha*, Kundu & Kachari (2000) verificaram que o início da redução na porcentagem de germinação ocorreu quando as sementes atingiram valores entre 35% e 20% de umidade, dependendo da condição de secagem. A

perda total da viabilidade dessas sementes foi observada entre 7% e 11% de umidade. Neste mesmo estudo, os autores verificaram que a secagem rápida favorece a sobrevivência das sementes em teores de umidade menores que as sementes submetidas à secagem lenta, fato semelhante ao ocorrido com as sementes de *Cupania*. Sementes de *Cupania* submetidas à secagem rápida em estufa com 20% de umidade ainda mantinham uma porcentagem de germinação de 5% a 8% , enquanto que as sementes secas em condições de ambiente (Lenta) não germinaram.

5.2 Armazenamento de sementes

Durante quatro meses de armazenamento, a maior porcentagem de germinação foi obtida com as sementes de *Cupania* armazenadas em câmara fria (10°C) e acondicionadas em sacos de polietileno, seguidas das armazenadas em saco de alumínio (Figura 4a). Nestas condições de armazenamento, manteve-se a viabilidade das sementes inalteradas durante todo o período de armazenamento avaliado. As sementes armazenadas em sacos de papel apresentaram uma redução acentuada na viabilidade a partir de 60 dias de armazenamento (Figura 4a).

Ao término do período de armazenamento, verificou-se uma redução significativa na porcentagem de germinação das sementes de *Cupania* armazenadas sob condições de ambiente, independentemente do tipo de embalagem utilizado. Essas sementes reduziram a porcentagem de germinação de 100% para 50%, 20% e 0% de germinação para saco plástico, saco de alumínio e papel, respectivamente (Figura 4b).

O teor de água inicial das sementes foi de 46,37%. A perda de umidade das sementes armazenadas sob câmara fria e embaladas em sacos de polietileno e alumínio foi mais lenta, atingindo, respectivamente, 40% e 38%, ao final dos quatro meses de armazenamento, enquanto as sementes armazenadas em sacos

de papel apresentaram apenas 25% de umidade (Figura 4c). Os teores de umidade das sementes armazenadas em condições de ambiente foram sempre menores quando comparada aos das armazenadas em câmara fria (Figura 4d), independente da embalagem utilizada.

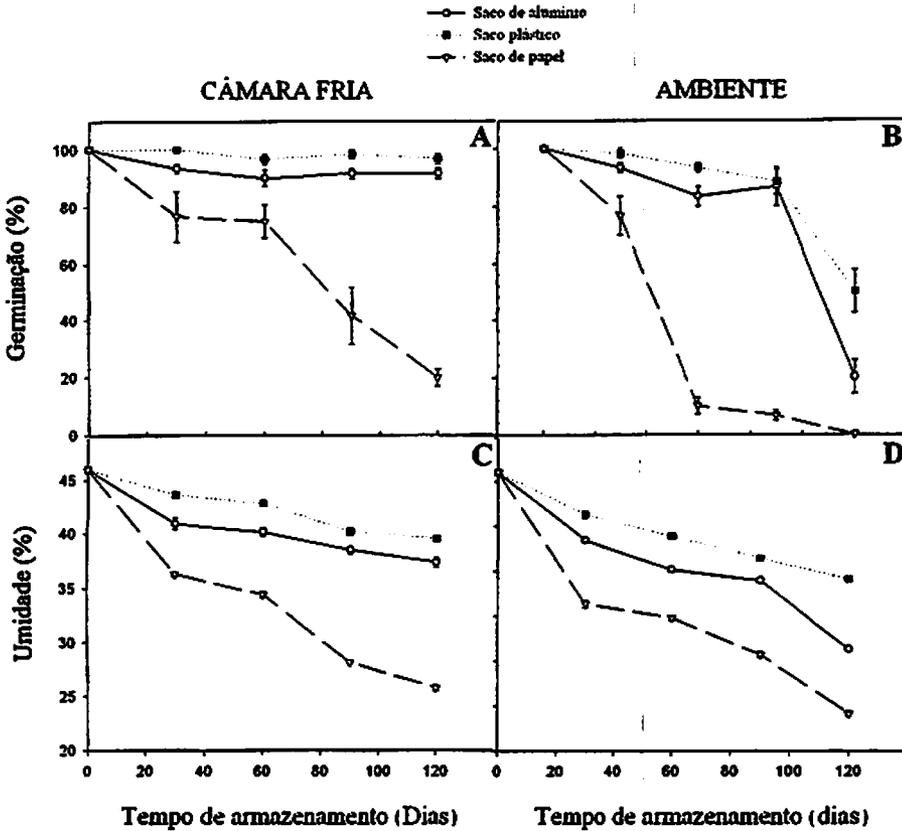


FIGURA 4 Valores médios de porcentagem de germinação e conteúdo de água de sementes de *Cupania vernalis* Camb acondicionadas em diferentes embalagens e armazenadas em diferentes ambientes.

O armazenamento de sementes sob baixas temperaturas é benéfico para várias espécies; algumas vezes é essencial, porém, pode ser prejudicial a outras (Roberts, 1973; Andrade et al., 1997; Bilia et al., 1999). A espécie em estudo tolera o armazenamento sob baixa temperatura, que sabidamente reduz o

metabolismo das sementes e de muitos microorganismos que ocorrem durante o armazenamento.

Considerando-se as três classes de sementes quanto à longevidade, as sementes de *Cupania vernalis* apresentaram um comportamento intermediário em armazenamento, tolerando baixas temperaturas por um período de 4 meses sem que houvesse perda significativa na sua viabilidade. Entretanto, essas sementes são sensíveis à dessecação, comportamento típico de sementes recalcitrantes.

Vários trabalhos têm sido realizados para propor protocolos de armazenamento para as mais diversas espécies (Kumar et al., 1996; Barbedo et al., 2002; Varghese et al., 2002; Kumar et al., 2002; Kundu et al., 2003; Phartyal et al., 2003;).

Estudando o efeito de diferentes condições de armazenamento em sementes de *Myristica malabarica*, Kumar et al. (2002) verificaram que as sementes dessa espécie permaneceram viáveis por apenas uma semana sob condições naturais e são sensíveis a baixas temperaturas, demonstrando comportamento recalcitrante. Esses autores verificaram ainda que as sementes dessa espécie podem permanecer viáveis por um ano quando acondicionadas com 27% de umidade em sacos de polietileno e armazenadas sob uma temperatura de 30°C e umidade relativa de 80%. Sementes de *Aporosa linleyana* tiveram comportamento semelhante aos de *Myristica malabarica*, pois foram melhor conservadas quando acondicionadas em sacos de polietileno e armazenadas sob uma temperatura de 30°C e umidade relativa de 85%. Nestas condições, estas sementes podem permanecer viáveis por um período de um ano (Kumar et al., 1996).

Kundu et al. (2003) verificaram, em seus estudos com sementes de *Phoebe goalparensis* Hutch., que essas sementes apresentam melhor sobrevivência quando armazenadas com teor de umidade de 33% sob uma

temperatura de 5°C. Nessas condições, as sementes permanecem com uma viabilidade de 70% por 12 meses.

6 CONCLUSÕES

Sementes de *Cupania vernalis* apresentam um teor crítico de umidade de 30%.

A taxa de secagem afeta a porcentagem de germinação, sendo mais favorável à secagem mais rápida.

O acondicionamento das sementes em saco de polietileno ou saco de alumínio e armazenamento em câmara fria a 10°C sem secagem prévia é a melhor condição para a conservação de sementes de *Cupania*.

As sementes de *Cupania* apresentaram um comportamento intermediário pois, apesar de não tolerarem a secagem abaixo de 30% de umidade (características de sementes recalcitrantes), essas sementes mantiveram-se com alta porcentagem de germinação quando armazenadas em baixa temperatura (10°C).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, S. **Influencia de diferentes teores de umidade, embalagens e ambientes sobre a preservação da viabilidade e vigor de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* Mart.)** 1987. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ANDRADE, A.C.S.; CUNHA, R.; REIS, R.B.; ALMEIDA, K.J. **Conservação de sementes de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.)- Myrtaceae. Informativo ABRATES, Brasília, v.7, n.1/2. p.205, jul/ago.1997.**

BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. **Tolerância a dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da mata atlântica. Revista Brasileira de Botânica, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 431-439, dez. 2002.**

BILIA, D.A.C. **Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Inga uruguensis* Hook. Et Arn. Piracicaba: ESALQ, 1997. 88p. (Tese- Doutorado em Agronomia).**

BONNER, F. T. **Storage of seed: potential and limitations der germoplasm conservation. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 35, n. 1/2, p. 35-43, June 1990.**

CORREA, F. L. O. **Efeito da embalagem e do ambiente de armazenamento na germinação e vigor de sementes de goiabeira (*Psidium guajava* L.)** 1997. 57 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DAYAL, B. R.; KAVERIAPPA, K. M. **Effect of desiccation and temperature on germination and vigour of the seeds of *Hopea parviflora* Beddome and *H. ponga* (Dennst.) Mabb. Seed Science & Technology, Zurich, v. 28, n. 2, p. 497-506, 2000.**

HIDAYATI, S. N.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. **Effects of dry storage on germination and survivorship of seeds of four *Lonicera* species (Caprifoliaceae). Seed Science & Technology, Zurich, v. 30, n. 1, p. 137-148, 2002.**

KRAAK, H. L. **Physiological aspects of storage of recalcitrant seed. In: SOMÉ, L. M.; DE KAM, M. (Ed.). Tree seeds problems, with special reference to Africa. Leiden, 1993. p. 239-253.**

KUMAR, C. A.; BABU, K. P.; KRISHNAN, P. N. Seed storage and viability of *Myristica malabarica* Lam. an endemic species of Southern Western Ghats (India). *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 30, n. 3, p. 651-657, 2002.

KUMAR, C. A.; THOMAS, J.; PUSHANGADAN, P. Storage and germination of seeds of *Aporosa lindleyana* (Wight) Baillon, an economically important plant of Western Ghats (India). *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 25, n. 1, p. 1-6, 1996.

KUNDU, M.; CHANDA, S.; KACHARI, J. Germination and storage behavior of *Phoebe goalparensis* Hutch. Seeds. *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 31, n. 3, p. 659-666, 2003.

KUNDU, M.; KACHARI, J. Desiccation sensitivity and recalcitrant behavior of seeds of *Aquilaria agallocha* Roxb. *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 28, n. 3, p. 755-760, 2000.

OLADIRAN, J. A.; AGUNBIADE, S. A. Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annum* L.) seeds following storage in different packaging materials. *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 28, n. 2, p. 413-419, 2000.

PHARTYAL, S. S.; THAPLIYAL, J. S.; NAYAL, J. S.; RAWAT, M. M. S.; JOSHI, G. The influences of temperature on seed germination rate in Himalayan elm (*Ulmus wallichiana*). *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 31, n. 1, p. 83-93, 2003.

RAMOS, A. Influência de cinco tipos de embalagens na germinação e no vigor de sementes de angico - *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan, caixeta - *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC e caroba - *Jacaranda micrantha* Cham. armazenadas em câmara fria e a temperatura ambiente. 1980. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds *Seed Science & Technology*, Zurich, v. 1, n. 3, p. 499-514, 1973.

SUN, W.; LIANG, Y. Discrete levels of desiccation sensitivity in various seeds as determined by the equilibrium dehydration method. *Seed Science Research*, Wallingford, v. 11, p. 317-323, 2001.

VARGHESE, B.; NAITHANI, R.; DULLOO, M. E.; NAITHANI, S. C. Seed storage behaviour in *Madhuca indica* J. F. Gmel. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 30, n. 1, p. 107-117, 2002.

VARGHESE, B.; NAITHANI, S. C. Desiccation induced loss of vigour and viability during storage in neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds. **Seed Science & Technology**, Zurich, v. 28, n. 2, p. 485-496, 2000.

WALTERS, C.; PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P.; CRANE, J. Desiccation damage, accelerated ageing and respiration in desiccation tolerant and sensitive seeds. **Seed Science Research**, Zurich, v. 11, n. 2, p. 135-148, June 2001.

CAPÍTULO 4

TROCAS GASOSAS E CRESCIMENTO INICIAL DE PLANTAS JOVENS DE *Cupania vernalis* Camb. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

1 RESUMO

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Trocas gasosas e crescimento inicial de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. 2004. 115p. (Dissertação-Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal)*

Cupania vernalis Camb. é uma espécie arbórea pertencente à família sapindaceae, conhecida popularmente como camboatá, camboatã e arco-de-peneira. Espécie de grande importância pelo seu uso em plantios mistos destinados à recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, podendo ainda ser utilizada na obtenção de madeira, marcenaria, forma para calçados, carvão, no paisagismo, principalmente na arborização de praças. Este estudo teve como objetivo básico caracterizar o comportamento ecofisiológico desta espécie sob condições de viveiro. Avaliou-se o efeito de quatro níveis de irradiância (Pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento) sobre as trocas gasosas, concentração de nitrogênio e clorofilas foliares e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis*. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos, 25 repetições e uma planta por repetição. Os resultados demonstraram que as plantas submetidas a 50% de sombreamento acumularam maior massa seca de folha, caule e massa seca total em comparação com as cultivadas a pleno sol, não sendo observada diferença quanto à massa seca de raízes. Não foram observadas diferenças nas taxas de fotossíntese, transpiração e condutância estomática, considerando uma média de todo o período de avaliação. Plantas sob condições mais sombreadas apresentaram teores mais elevados tanto de clorofilas quanto de nitrogênio nas folhas, fato semelhante ocorreu com outras características como altura, diâmetro de caule e área foliar. Essas últimas características constituem fatores determinantes da qualidade de mudas. Os resultados obtidos permitiram concluir que as mudas desta espécie devem ser formadas sob condições de viveiro com sombreamento de 50% ou 70% para que se obtenham mudas de melhor qualidade.

2 ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Gas exchange and initial growth of young leaves of *Cupania vernalis* camb. submitted to different shading levels. 2004. 115p. (Dissertation – Master in Agronomy/Plant Physiology) *

Cupania vernalis Camb. is an arboreal specie belonging to the family sapindaceae, known popularly as “Camboatá”, “Camboatã” and “arco-de-peneira”. This specie has great economical importance by its use in mixed plantings trying to recovery permanent degraded preservation areas, being able still to be utilized in obtaining wood, footwearing, coal, in the landscaping, mainly in the in square arborization. This study aimed, basically, to characterize the ecophysiological aspects of this species under nursery conditions. The effect of four levels of irradiance (Full sunshine, 30%, 50% and 70% of shading) on the concentration of nitrogen and leaf chlorophylls and initial growth of young plants of *Cupania vernalis* was evaluated. The experimental design utilized was the completely randomized with four treatments, 25 replicates and one plant per replicate. The results showed that the plants submitted to 50% of shading have accumulated more leaf, stem dry matter and total dry matter as compared with that ones cultivated in the full sunshine. No difference was found in relation to root dry matter. There were also no difference among photosyntetic and traspiration rate and stomatic conductance considering the mean of all evaluation period. Plants under more shaded conditions presented higher contents of chlorophyll and nitrogen in leaves, a similar fact took place with the other characteristics such as height, stem diameter and leaf area. These latter characteristics form factors determining seedling quality. The data enable to conclude that the seedlings of this specie should be grown under nursery conditions with a 50 or 70% shading in order to improve seed quality.

3 INTRODUÇÃO

Cupania vernalis Camb., conhecida popularmente com o nome de camboatã ou camboatá, é uma espécie nativa que ocorre tanto no interior de matas primárias como em todos os estádios de formações secundárias. No plano ecológico, a espécie é considerada, pela literatura, como secundária, adaptada à insolação direta e produtora de frutos que são comumente utilizados na alimentação por algumas espécies de pássaros. Segundo Lorenzi (2000), a espécie tem grande potencial de uso em plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente.

A degradação da vegetação de porte arbóreo, bem como de sua recuperação, manutenção ou conservação, tem sido objeto de preocupação de inúmeros organismos nacionais e internacionais e, que tem mobilizado ecologistas, técnicos, empresários, políticos e, mesmo, organizações não governamentais (ONGS).

As diversas formações florestais do Brasil, principalmente aquelas de maior interesse econômico para o ser humano, vem sofrendo níveis alarmantes de degradação e, para atenuar esses problemas ambientais, tornam-se necessários que sejam desenvolvidos estudos que a venham estabelecer critérios para a regeneração desses ambientes degradados (Labouriau, 1966; Nascimento & Saddi, 1992).

Vários autores têm estudado estratégias para recuperação dessas áreas, com diferentes características, envolvendo aspectos da fisiologia de germinação de sementes, crescimento inicial de várias espécies (Almeida et al. 1994; Whitmore, 1996). Entretanto, ainda são poucos os estudos sobre a propagação e desenvolvimento das espécies nativas (Scalon, 2001).

Dentre vários fatores do ambiente físico, a luz desempenha, indubitavelmente, um papel relevante na regulação dos processos associados ao

acúmulo de massa seca (Vilela & Ravetta, 2000; Campos & Uchida, 2002), contribuindo assim e de forma efetiva para o crescimento das plantas. Maior ou menor plasticidade adaptativa das espécies às diferentes condições de radiação solar dependem do ajuste de seu aparelho fotossintético, de modo a garantir maior eficiência na conversão da energia radiante em carboidratos e, conseqüentemente, maior crescimento (Inoue & Torres, 1980; Engel, 1989; Alvarenga et al., 1998; Vilela & Ravetta, 2000).

Diversos fatores externos e internos afetam o metabolismo de pigmentos cloroplastídicos, em especial as clorofilas e, por esta razão, os seus conteúdos foliares podem variar consideravelmente. Segundo alguns autores, a luz é considerada como um dos principais fatores associados ao metabolismo clorofiliano (Whatley & Whatley, 1982; Brand, 1997). Segundo Kramer & Kozlowski (1979), as clorofilas encontram-se constantemente sintetizadas e destruídas (foto-oxidação) em presença de luz. Sob intensas radiações, o processo degradativo se faz presente e de forma pronunciada. Por outro lado, as concentrações foliares de clorofilas tendem a aumentar sob condições de sombreamento (Naves, 1993; Brand, 1997; Alvarenga et al., 1998), sendo o equilíbrio estabelecido a uma intensidade de radiação relativa.

A adaptação das plantas a uma determinada condição de irradiância está associada à quantidade de clorofilas e nitrogênio foliar. Em muitas espécies, altas taxas de trocas gasosas são associadas com altas concentrações de nitrogênio foliar (Almeida, 2001). Entretanto, poucos estudos relacionam a concentração de nitrogênio foliar com trocas gasosas sob diferentes níveis de irradiância (Reich et al., 1990; Ellsworth & Reich, 1992).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento inicial, trocas gasosas, concentração de nitrogênio e clorofilas foliares em plantas jovens de *Cupania vernalis*, sob condições de viveiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

O trabalho foi conduzido no período de março a novembro de 2003, sob condições de viveiro, no Setor de Fisiologia Vegetal, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA) situada em Lavras, MG. O município está localizado na região sul de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21°14' S e longitude 45°00' W GRW. Segundo a classificação de Köppen, o clima regional é do tipo Cwa, com duas estações bem definidas, uma fria e seca, de abril a setembro e uma quente e úmida, de outubro a março.

4.2 Material vegetal

As mudas foram formadas a partir de sementes provenientes de matrizes situadas na localidade de Macaia, município de Bom Sucesso, MG, no mês de setembro de 2002. A área situa-se às margens do Rio Grande, onde atualmente se localiza o reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil.

As sementes utilizadas foram pré-germinadas em papel germtest no sistema rolo, fazendo-se uso de uma câmara tipo BOD a uma temperatura de 35°C, fotoperíodo de 12 horas. O cultivo das mudas foi realizado em bandejas de isopor contendo 144 células e, como substrato, terra de subsolo, areia e esterco bovino, na proporção de 7:2:1 e adubado com 2 kg de fertilizante 4:14:8/m³ de substrato. Posteriormente, as mudas foram transferidas para sacos de polietileno contendo 3 dm³ de substrato previamente analisado no Laboratório de Ciências do Solo da UFLA (Tabela 1).

TABELA 1. Análise química do solo utilizado como substrato para cultivo das mudas de *Cupania vernalis* Camb.

PARÂMETROS	SUBSTRATO
pH em água	6,2
P (mg/dm ³)	29,9
K (mg/dm ³)	222
Ca (cmolc/dm ³)	5,7
Mg (cmolc/dm ³)	1,9
Al (cmolc/dm ³)	0
H + Al (cmolc/dm ³)	1,1
SB (cmolc/dm ³)	8,2
t (cmolc/dm ³)	8,2
T (cmolc/dm ³)	9,3
V (%)	88,1
MO (dag/kg)	0
P-rem (mg/L)	11,2

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFLA, 2002.

As mudas permaneceram em viveiro sob 30% de sombreamento por um período de cinco meses, até se estabelecerem. Posteriormente, foram submetidas a três níveis de sombreamento, 30%, 50% e 70%, com o uso de sombrites, conforme a especificação do fabricante e um tratamento a pleno sol (0%) como testemunha. Durante o período de avaliação (abril a novembro de 2003), as mudas receberam adubações mensais com solução nutritiva modificada de Johnson et al. (1957). As mudas eram constituídas de folhas simples e alternas.

Controles fitossanitários foram realizados contra pragas e doenças, quando necessários, utilizando-se produtos comerciais nas concentrações indicadas pelos fabricantes para espécies lenhosas.

4.3 Características avaliadas

No período de abril a novembro de 2003, as mudas foram submetidas mensalmente à análise de altura, diâmetro de caule (15 repetições) e características associadas a trocas gasosas (5 repetições). As medições foram realizadas sempre em folhas simples completamente expandidas, localizadas no segundo nó contado a partir do ápice e, sempre que possível, em dias ensolarados e isentos de nuvens. Características de trocas gasosas, densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e temperatura foliar foram avaliadas com um analisador de gás infravermelho de fluxo aberto (LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, UK). Essas avaliações foram realizadas sempre no horário de 09:00 horas (hora solar).

O cálculo de déficit de pressão de vapor foi realizado a partir dos dados de temperatura e umidade relativa da cubeta, utilizando-se as equações descritas a seguir:

$$DPV \text{ (kPa)} = e_s - e_a$$

$$e_s \text{ (kPa)} = 0,61078 \times \exp \times [(17,269 \times T) / (T + 237,30)]$$

$$e_a \text{ (kPa)} = (RH \times e_s) / 100$$

onde:

T (°C) = temperatura da cubeta

RH (%) = umidade relativa do ar

O potencial hídrico foliar foi determinado pela bomba de Scholander (PMS Instruments Co., Corvallis, OR). Essas avaliações foram realizadas às 6:00 horas da manhã e ao meio dia (hora solar). Foram utilizadas 5 folhas simples totalmente expandidas por tratamento, posicionadas no terceiro nó

abaixo do ápice.

Ao término do experimento, foram coletadas, aleatoriamente, cinco folhas simples em cada um dos tratamentos para a realização das análises de nitrogênio. O nitrogênio foliar foi analisado pelo método de micro-Kjeldahl, sendo a digestão e a destilação realizadas no laboratório de Nutrição Mineral e Metabolismo do Setor de Fisiologia Vegetal da UFLA.

A determinação dos teores de clorofila foi realizada em 5 plantas por tratamento, a partir de três folhas simples completamente expandidas retiradas na região mediana das plantas. Essas folhas foram acondicionadas em papel alumínio e em caixa de isopor com gelo até serem transferidas ao laboratório. A quantificação das clorofilas a, b e total foi realizada segundo a metodologia de Arnon (1949). Pegaram-se as folhas, cortaram-nas em pequenos fragmentos destituídos de nervuras que em seguida, foram pesados e macerados em cadinho de porcelana com pistilo em aproximadamente 15 mL de acetona 80% (v/v). Logo após, realizou-se uma filtração em lã de vidro, completando-se o volume para 25 mL com acetona 80%. Imediatamente após este procedimento, procedeu-se a leitura da absorbância a 663 nm e 645 nm num espectrofotômetro v/vv Beckman modelo 640 B. Todo o procedimento foi realizado em ambiente com pouca luminosidade para evitar a degradação de clorofilas. Os cálculos de mg de clorofila por g de matéria fresca de tecido foliar foram realizados utilizando-se as equações descritas a seguir:

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

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

Em que:

A= absorbância dos extratos nos comprimentos de onda indicados

V= volume final do extrato clorofiliano-cetônico

W= matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado

Nas avaliações de crescimento das plantas, foram avaliadas as seguintes

características: comprimento e diâmetro do caule, biomassa seca das folhas, caules e raízes, em 15 plantas de cada tratamento.

No final do experimento, as plantas foram separadas em folhas, caules e raízes. Todo o material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de circulação forçada de ar a $70 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 72 horas. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica com precisão de 10^{-4} g.

4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cada tratamento constituído de 25 plantas, sendo cada planta considerada uma repetição. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variâncias e teste de médias através do programa estatístico SISVAR versão 4.3 (Ferreira, 1999). Os gráficos foram elaborados com softwares próprios para este fim. Os dados não sofreram qualquer tipo de transformação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do ambiente

Durante o período de estudo, podem ser observadas pela Figura 1, alterações em algumas características físicas, tais como densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), temperatura foliar, déficit de pressão de vapor (DPV) e alterações na precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar (Tabela 2), considerando-se os diferentes níveis de sombreamento.

As maiores médias de DFFFA foram atingidas no tratamento a pleno sol, as quais decresceram progressivamente com o aumento do sombreamento

(Figura 1a). A queda na temperatura foliar , verificada entre os 80 e 170 dias após a indução dos tratamentos (DAI), deveu-se às baixas temperaturas observadas no respectivo período, coincidindo com a época de inverno (Tabela 2).

Observações antagônicas puderam ser visualizadas a partir do mês de agosto (150 DAI), cujos valores de temperatura foliar e DFFFA tiveram novos incrementos, seguindo uma ordem decrescente para os tratamentos a pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento (Figura 1b). Os maiores valores médios de déficit de pressão de vapor, em quase todo o período de avaliação, foram observados em plantas cultivadas sob pleno sol e 30% de sombreamento (Figura 1c).

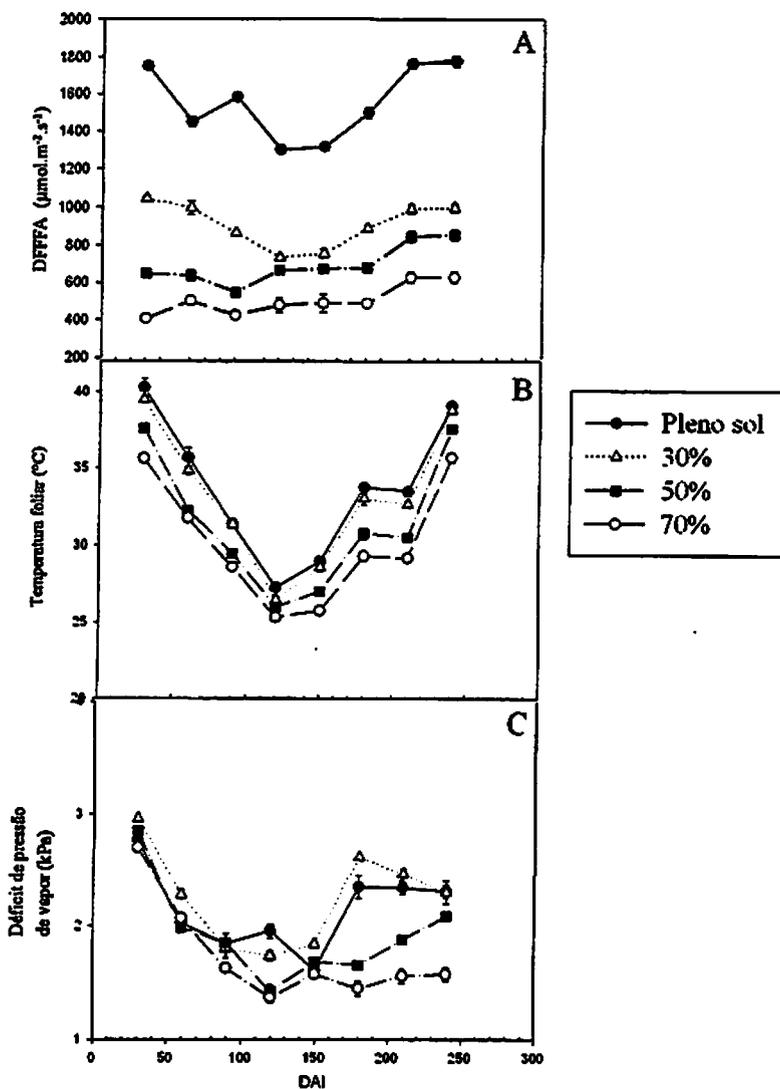


FIGURA 1 Valores médios (\pm erro padrão) da densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (A), temperatura foliar (B) e déficit de pressão de vapor (C) em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

TABELA 2 Dados climatológicos verificados durante o período de avaliação

Mês	Temperatura média (°C)	Precipitação total (mm)	Umidade relativa (%)
março	22,1	166,2	79
abril	20,6	25,9	73
maio	17,3	58,6	73
junho	18,3	0,0	70
julho	16,9	14,8	67
agosto	18,2	8,8	65
setembro	20,5	13,7	64
outubro	21,6	64,9	62
novembro	21,7	154,5	73

Fonte: Estação Climatológica Principal de Lavras – UFLA (2003).

5.2 Trocas gasosas e potencial hídrico

As plantas cultivadas sob 30% e 70% de sombreamento apresentaram, de maneira geral, maior condutância estomática (Gs) até os 150 DAÍ. Após isso, as plantas submetidas a 70% de sombreamento sofreram uma redução nos valores médios de Gs quando comparadas com os demais tratamentos. No último mês de avaliação (240 DAI), os maiores valores de condutância estomática foram observados em plantas cultivadas sob pleno sol e 30% de sombreamento (Figura 2a).

Nos meses de julho e agosto (100 a 150 DAI), observaram-se as maiores taxas de transpiração em plantas cultivadas sob 70% de sombreamento, nesse mesmo período, essas plantas apresentaram também maiores taxas de fotossíntese líquida e condutância estomática (Figura 2a, 2b e 2c). Entretanto, a partir dos 150 DAI, verificou-se uma redução nessas taxas em plantas cultivadas a 70% de sombreamento quando comparadas com as cultivadas em níveis mais elevados de irradiância (Figura 2).

As taxas de fotossíntese líquida foram maiores nos primeiros dois meses de avaliação em todos os níveis de irradiância estudados. Após este período,

houve uma queda na fotossíntese, que tendem a se estabilizar após os 120 DAI, exceto para as plantas cultivadas a 70% de sombreamento que estabilizaram somente após 150 DAI (Figura 2c). Aos 240 DAI as plantas submetidas a pleno sol e 30% de sombreamento apresentaram as maiores taxas fotossintéticas (Figura 2c).

Os resultados obtidos, notadamente nas plantas submetidas a 70% de sombreamento, mostram, de certa maneira, um comportamento fotossintético inconsistente frente aos fatores do ambiente, sobretudo com respeito a DFFFA, temperatura foliar e DPV, uma vez as maiores taxas fotossintéticas ocorreram nos meses mais frios do ano (junho e julho), fato que normalmente não deveria acontecer. No geral, deve ser levado em consideração que as avaliações foram realizadas sempre nas mesmas folhas durante todo o período, embora na mesma posição de coleta na planta (3º nó) a partir do ápice, já estavam sendo formadas folhas compostas.

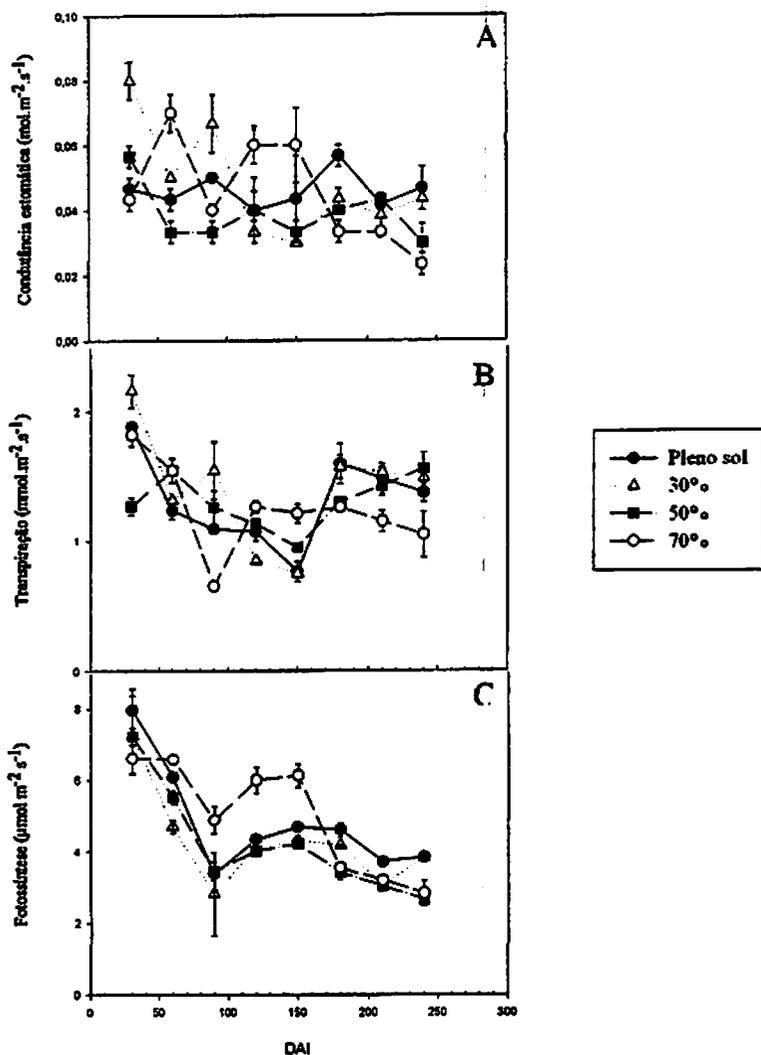


FIGURA 2 Valores médios (\pm erro padrão) de condutância estomática (A), transpiração (B) e fotossíntese líquida (C) em oito datas de avaliação, em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Considerando uma análise dos valores médios no período de avaliação, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para nenhuma das características de trocas gasosas avaliadas (Tabela 3).

TABELA 3 Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (Gs) e transpiração em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento

Tratamentos	A ($\mu\text{mol.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	Gs ($\text{mol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)	T ($\text{mmol H}_2\text{O}.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)
Pleno sol	4,81 a	0,045 a	1,308 a
30%	4,26 a	0,046 a	1,397 a
50%	4,18 a	0,038 a	1,300 a
70%	4,95 a	0,045 a	1,240 a

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

Com relação ao potencial hídrico foliar, observou-se que os valores médios às 6 horas da manhã não variaram entre os tratamentos, permanecendo ao redor de $-0,204$ kPa. Entretanto, ao meio dia, foram observados maiores valores de potencial hídrico em plantas cultivadas sob 70% de sombreamento quando comparadas com os demais tratamentos avaliados (Figura 3). Os menores valores de potencial hídrico ao meio dia foram observados em plantas cultivadas a pleno sol ($-1,59$ kPa). De maneira geral, os resultados obtidos parecem seguir uma tendência semelhante de comportamento entre várias plantas (Almeida, 2001).

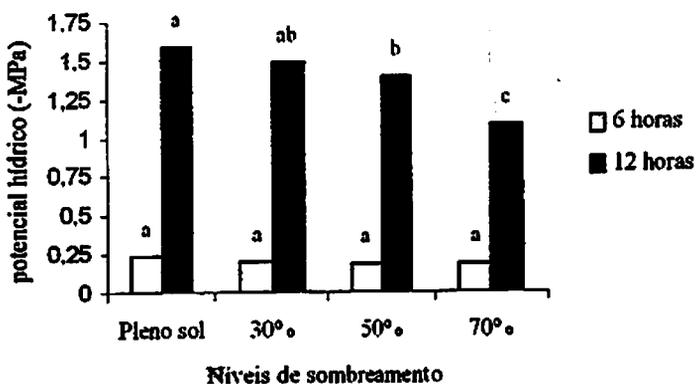


FIGURA 3 Valores médios do potencial hídrico em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

5.3 Nitrogênio foliar e clorofilas

Folhas de plantas de *Cupania* cultivadas sob 50% de sombreamento acumularam mais nitrogênio quando comparadas às cultivadas sob pleno sol e 30% de sombreamento (Figura 4).

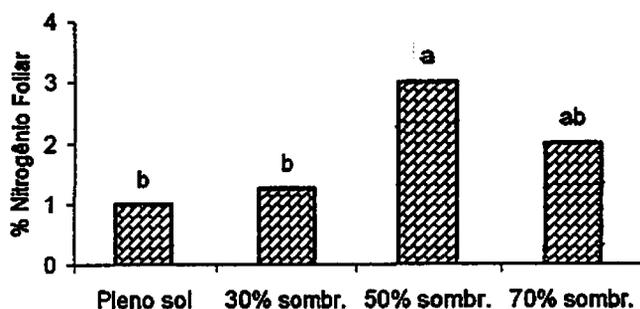


FIGURA 4 Teor de nitrogênio (\pm erro padrão) em folhas de plantas de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Evans & Poorter (2001), estudando as relações entre ganho de carbono, concentração e particionamento de nitrogênio e área foliar específica em folhas de espécies de dicotiledôneas C3. Os autores verificaram que o maior teor de nitrogênio total foi obtido em folhas de plantas submetidas à baixa irradiância. Entretanto, Casella & Ceulemans (2002) não verificaram diferenças no teor de nitrogênio foliar (p/p) em plantas de *Populus*, Clone Hoogvorst e Fritzi Pauley, com o aumento da irradiância.

Resultados antagônicos foram obtidos por Dias-Filho (1997) em *Solanum crinitum*, que acumulou mais nitrogênio por unidade de massa sob condições mais sombreadas.

Almeida et al. (2001), estudando o efeito do sombreamento em plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez., verificou maior teor de nitrogênio foliar em folhas de plantas cultivadas a pleno sol, quando comparadas com plantas cultivadas sob 30% de sombreamento. Entretanto, plantas a pleno sol não diferiram daquelas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento.

Em relação à concentração de pigmentos foliares, foram observados maiores valores de clorofila total e clorofila *a* (mg.g^{-1} de matéria fresca) em folhas submetidas a 50% e 70% de sombreamento em relação aos demais níveis de irradiância. A concentração de clorofila *b* foi menor em plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 4), fato que veio a favorecer maior relação clorofila *a/b* nas mesmas condições de irradiância.

TABELA 4 Teores de clorofilas a, b, total (mg. g⁻¹MF) e relação clorofila a/b em folhas de plantas de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Níveis de sombreamento	clor.a mg.g ⁻¹ MF	clor.b mg.g ⁻¹ MF	clor. total mg.g ⁻¹ MF	Relação clorofila a/b
Pleno sol	0,900 b	0,405 b	1,305 b	2,222 a
30%	0,995 b	0,452 a	1,447 b	2,201 a
50%	1,525 a	0,958 a	2,483 a	1,591 b
70%	1,659 a	0,899 a	2,558 a	1,845 b

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

A redução no teor de clorofilas (por unidade de massa e/ ou por unidade de área) em níveis mais elevados de irradiância é amplamente relatada na literatura, como registrado por Alvarenga et al. (1998), Atroch et al. (2001), Kitajima & Hogan (2003) e Alvarenga et al. (2003), principalmente em espécies florestais.

Segundo Kramer & Kozłowski (1979), os níveis de clorofilas foliares são controlados pela luz, sendo que, em intensidades mais elevadas de radiação, as moléculas de clorofilas são mais passíveis a processos fotooxidativos, sendo o equilíbrio estabelecido a níveis de radiação mais baixa. Portanto, folhas de sombra possuem, geralmente, maior concentração de clorofilas em relação às crescidas sob pleno sol (Almeida, 2001; Castro, 2002; Alvarenga et al., 2003).

Este tipo de comportamento foi observado em plantas de *Bauhinia forficata* Link cujas condições de sombreamento (30% e 50%) favorecem, de forma inequívoca, a acumular maiores concentrações de clorofila total quando comparadas às plantas sob pleno sol (Atroch et al. 2001).

No que se diz respeito à relação clorofila a/b, resultados contrários foram obtidos em folhas de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. Nesta espécie, a relação

clorofila *a/b* foliar foi maior sob condições de maior sombreamento (Almeida, 2001).

A relação clorofila *a/b* está relacionada diretamente com a capacidade das plantas em maximizar a captura de luz em condições de maior sombreamento (Critchley, 1999). O aumento da quantidade de clorofila *b* em relação à clorofila *a* estaria relacionada a uma maior proporção do fotossistema II, que é mais rico em clorofila *b* que *a*, em relação ao fotossistema I (Anderson et al., 1988; Critchley 1999; Nakazono et al., 2001), fato que favorece a capacidade adaptativa das plantas a ambientes com pouca radiação.

5.4 Crescimento e particionamento de biomassa

Na Tabela 5 observa-se que o maior acúmulo de massa seca total foi obtido em plantas cultivadas sob 50% de sombreamento em relação às de pleno sol. Foi observada, ainda, menor massa seca foliar nas plantas a pleno sol em relação às cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento, enquanto plantas cultivadas sob 70% de sombreamento acumularam mais massa seca no caule em relação àquelas cultivadas a pleno sol. Ainda na Tabela 5, verifica-se que não houve diferença de massa seca do sistema radicular das plantas entre os tratamentos testados. Verifica-se, ainda, que o crescimento da parte aérea foi reduzido nas plantas cultivadas a pleno sol em relação àquelas sob 30% e 50% de sombreamento, fato que pode ser confirmado pelas relações raiz/parte aérea.

TABELA 5 Biomassa seca de raízes, caules, folhas, total e relação raiz /parte aérea de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Tratamentos	Massa seca (g)				Relação raiz/parte aérea
	Folhas	Caules	Raízes	Total	
Pleno sol	4,686 b	2,022 b	11,322 a	18,756 b	1,518 a
30% sombreamento	7,031 ab	3,356 ab	12,552 a	22,809 ab	1,131 b
50% sombreamento	9,159 a	3,120 ab	11,629 a	25,407 a	1,115 b
70% sombreamento	7,778 a	3,624 a	11,838 a	23,251 ab	1,192 ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em estudos com *Vochysia tucanorum* Mart. Barbosa et al. (1999) verificaram maior biomassa seca total em plantas cultivadas sob 55% de sombreamento quando comparadas com as cultivadas em níveis mais extremos de irradiância, como 100% e 4,8%. Por outro lado, Nakazono et al. (2001), estudando o crescimento inicial de plantas de *Euterpe edulis* sob diferentes níveis de irradiância, não observaram, em um dos experimentos, diferenças no acúmulo de biomassa seca de raiz, parte aérea e total entre os sombreamentos avaliados.

Felfili et al. (1999) verificaram, em *Sclerolobium paniculatum*, que as maiores biomassas secas de folha, caule, raiz e total foram obtidas em plantas de cultivadas sob 50% de sombreamento e que a relação raiz/parte aérea foi menor nas plantas cultivadas sob 90% de sombreamento.

Analisando de forma proporcionalizada a distribuição de biomassa nos diferentes órgãos de plantas de *Cupania*, verifica-se que, em média, aproximadamente 60% de fotoassimilados foram alocados para as raízes em todos os níveis de sombreamento avaliados. Cerca de 10% a 15% da biomassa seca produzida pelas plantas foram alocados para o caule, sendo menos

de 25% a 30% do total de biomassa seca, sendo maior em plantas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento em relação a pleno sol (Figura 5).

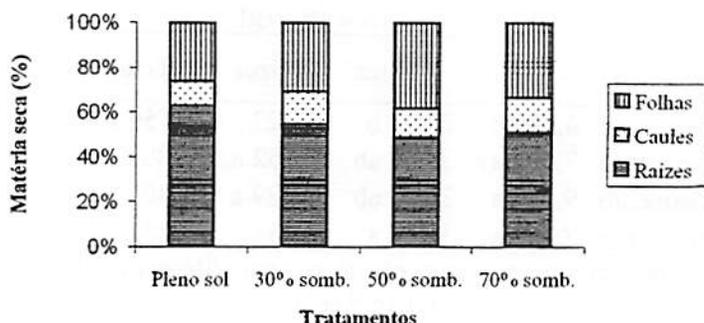


FIGURA 5 Particionamento de biomassa seca em plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Estudando o efeito do sombreamento em plantas de *Jacaranda copaia*, Campos e Uchida (2002) observaram uma menor relação parte aérea/raiz em plantas cultivadas em níveis mais elevados de sombreamento. Esses resultados são semelhantes aos obtidos nesse estudo com *Cupania vernalis*, demonstrando que o sombreamento favorece o crescimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicular.

Com relação à característica altura, as menores médias foram observadas em plantas cultivadas a pleno sol. Entretanto, plantas cultivadas sob 70% de sombreamento apresentaram-se com maiores diâmetros de caule em relação aos demais tratamentos (Tabela 6).

TABELA 6 Valores médios de altura e diâmetro do caule de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Altura (cm)	Diâmetro do colo (mm)
Pleno sol	17,80 b	7,70 c
30%	22,65 a	8,80 b
50%	24,90 a	9,00 b
70%	21,40 a	9,65 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

Respostas semelhantes foram obtidas em várias espécies cuja característica de crescimento foi promovida pelo aumento de condições sombreadas (Felfili et al., 1999; Barbosa et al., 1999; Atroch et al., 2001; Campos & Uchida, 2002; Alvarenga, 2003). Em plantas jovens de *Licaria canella* Meissn., não foram encontradas diferenças na altura das plantas sob condições de sombreamento (Pinto et al., 1993). Resultados antagônicos foram obtidos por Scalon et al. (2001) em mudas de *Eugenia uniflora* L. crescidas sob condições intensas de sombreamento, cujos valores de diâmetros e altura das plantas foram menores em relação às cultivadas a pleno sol..

Com relação à área foliar, plantas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento, mostraram maior crescimento do limbo foliar em superfície em relação às cultivadas sob pleno sol (Tabela 7). Menores valores de AFE e maiores espessuras do limbo foram observados em plantas cultivadas sob 30% de sombreamento e a pleno sol.

TABELA 7 Valores médios de área foliar, área foliar específica (AFE) e espessura do limbo de folhas de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Área foliar total (dm ²)	AFE (dm ² /g)	Espessura do limbo (µm)
Pleno sol	4,33 c	0,85 b	169,53 a
30% sombreamento.	6,57 bc	0,88 b	138,15 b
50% sombreamento.	9,54 a	1,12 a	119,55 c
70% sombreamento.	8,55 ab	1,11 a	119,10 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

No que diz respeito à área foliar total, vários trabalhos em diversas espécies arbóreas submetidas a diferentes níveis de irradiância sob condições de viveiro confirmam os resultados obtidos em mudas de *Cupania vernalis*, destacando-se um aumento na superfície foliar com o aumento do sombreamento, a fim de compensar as menores taxas fotossintéticas sob condições mais sombreadas (Scalon et al., 2001; Nakazono et al., 2001; Campos & Uchida, 2002; Morais et al., 2003).

Resultados semelhantes foram obtidos por Alvarenga et al. (2003) em plantas jovens de *Croton urucurana* Baill, em que maiores níveis de sombreamento promoveram substancialmente o crescimento foliar em superfície quando comparados com plantas submetidas a pleno sol.

As maiores AFE observadas em plantas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento estão associadas a modificações na espessura de células das epidermes adaxial e abaxial e dos parênquimas paliádico e esponjoso. Portanto, quanto maior a AFE, menor a espessura da folha (Tabela 7). O decréscimo da espessura foliar das plantas de *Cupania* cultivadas sob 70% de sombreamento deve ter ocorrido em virtude também da diferença na distribuição de fotoassimilados e crescimento em alongamento de caule, em relação às plantas

cultivadas a pleno sol, que tiveram folhas mais espessas (Tabelas 6 e 7). Esta característica pode trazer benefícios porque menos material vegetal por unidade de área seria diretamente exposto à luz, reduzindo a perda de água e aumentando o auto-sombreamento entre cloroplasto. Diversos estudos têm demonstrado padrões de respostas anatômicas semelhantes, para os quais se observa um incremento na espessura do limbo com o aumento da irradiância (Ziegenhagem & Kausch, 1995; Hanba et al., 2002).

5 CONCLUSÕES

O sombreamento afetou, de forma significativa, as características de crescimento, trocas gasosas, teores de clorofilas foliares e conteúdo de nitrogênio em plantas de *Cupania*, demonstrando a grande plasticidade desta espécie, quando submetida a diferentes níveis de sombreamento.

De acordo com os níveis de irradiância testados neste trabalho, verificou-se melhor desempenho nas mudas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento.

O sombreamento provoca um aumento no diâmetro do caule de plantas de *Cupania*, proporcionando uma melhor qualidade de muda.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. P. Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. sob diferentes níveis de radiação. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ALMEIDA, S. S.; ARAGÃO, I. L. G.; SILVA, P. J. D. Efeito de clareiras naturais na estrutura de plântulas de *Vochysia guianensis* Aubl. (Vochysiaceae), em floresta amazônica de terra firme. *Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, Nova serie, Botânica*, Belém, v. 10, p. 91-103, 1994.

ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L. , BLANK, A. F. & CAMOLESI, A. A. Desenvolvimento de mudas de *Guarea* [*Guarea guidonea* (L.) Sleumer]. *Revista Daphne*, Belo Horizonte, v. 8, n. 3 p22-26, jul. 1998.

ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; LIMA JUNIOR, E. C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. In southeastern Brazil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 53-57, jan./fev. 2003.

ANDERSON, J. M.; CHOW, W. S.; GOODCHILD, D. J. Tylakoid membrane organization in sun/shade acclimation. *Australian Journal of Plant Physiology*, Collingwood, v. 15, n. 1, p. 11-26, 1988.

ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. Submetidas a diferentes condições de sombreamento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, out./dez. 2001.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolates chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, California, v.24, n. 1,p. 1-15, 1949

BARBOSA, A. R.; YAMAMOTO, K.; VALIO, I. F. M. Effect of light and temperature on germination and early growth of *Vochysia tucanorum* Mart. , Vochysiaceae, in cerrado and forest soil under different radiation levels. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 275-280, out. 1999.

BRAND, M. H. Shade influences plant growth, leaf color and chlorophyll content of *kalmia latifolia* L. cultivars. **Hort Science**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 206-208, Apr. 1997.

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

CASELLA, E.; CEULEMANS, R. Spatial distribution of leaf morphological and physiological characteristics in relation to local radiation regime within the canopies of 3-years-old *Populus* clones in coppice culture. **Tree Physiology**, Victoria, v. 22, n. 18, p. 1277-1288, Dec. 2002.

CASTRO, E. M. **Alterações anatomicas, fisiologicas e fitoquimicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperiodos e níveis de sombreamento.** 2002. 221 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CRITCHLEY, C. Molecular adaptation to irradiance: the dual functionality of photosystem II. In: SINGHAL, G. S.; RENGER, G.; SOPORY, K. D.; IRRGANG & GOVINJEE, (Ed. **Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis** New Delhi: Narosa publishing House, 1999. p. 573-587.

DIAS-FILHO, M. B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. To contrasting ligh environment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 8, p. 789-796, ago. 1997.

ELLSWORTH, D. S.; REICH, P. B. Leaf mass per area, nitrogen content and photosynthetic carbon gain in *Acer saccharum* seedlings in contrasting forest ligh environments. **Functional Ecology**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 423-435, 1992.

ENGEL, V. L.; **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia.** 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 24, n. 8, p. 755-767, Aug. 2001.

- FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. Var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. Sob diferentes níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 297-301, out. 1999.
- FERREIRA, D. F. SISVAR 4. 3- Sistema de análises estatísticas. Lavras: UFLA, 1999.
- HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, L. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell and Environment Oxford*, v. 25, n. 8, p. 1021-1030, Aug. 2002.
- INOUE & TORRES, D. V. Comportamento de mudas de *Araucária augustifolia* (Bert.) O. Ktze, em dependência da intensidade luminosa. *Floresta*, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 7-11, jun. 1980.
- KITAJIMA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll *a/b* ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 26, n. 6, p. 857-865, June 2003.
- KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. *Physiology of woods plants*. New York: Academic Press, 1979. 811 p.
- LABOURIAL, L. G. Revisão da situação da ecologia vegetal nos cerrados. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 38, p. 5-38, 1966. Suplemento.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2000. v. 1. 3.ed.
- MORAIS, H.; MAURUR, C. J.; CARAMON, P. H.; RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.
- NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C. da; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart em diferentes regimes de luz. *Revista Brasileira de Botânica*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 173-179, São Paulo, jun. 2001.

NASCIMENTO, M. T.; SADDI, N. Structure and composition in na área of cerrado in Cuiabá-MT, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 15. n. 1, p. 47-55, jul. 1992.

NAVES, V. L. Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas e comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas à diferentes níveis de irradiação fotossinteticamente ativa. 1993. 76 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

PINTO, A. M.; VARELA, V. P.; BATALHA, L. F. P. Influência do sombreamento no desenvolvimento de mudas de Louro-pirarucu (*Licaria canella* (Meisen.) Kosterm). *Acta Amazônica*, Manaus, v. 23, n.4, p. 397-404, 1993.

REICH, P. B.; ABRAMS, M. D.; ELLSWORTH, D. S.; KRUGER, E. L.; TABONE, T. J. Fire affects ecophysiology and communitly dynamics of central wisconsin oak forest regeneration. *Ecology*, Washington, v. 71, n. 6, p. 2179-2190, Dec. 1990.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 652-655, dez. 2001.

VILELA, A. E.; RAVETTA, D. A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of proprosis L. (Mimosaceae). *Journal of Arid Environmental*, London, v. 44, n. 4, p. 415-423, Apr. 2000.

WHATLEY, F. H.; WHATLEY, F. R. *A luz e a vida das plantas: temas de biologia*. São Paulo: EDUSP, 1982. v. 30, 101 p.

WHITMORE, T. C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: *The ecology of tropical forest tree seedlings*. New York, 1996. p. 3-39. (Man and the biosphere series, v. 17).

ZIEGENHAGEN, B.; KAUSH, W. Productivity of Young shaded oaks (*Quercus robur* L.) as corresponding to shoot morphology and leaf anatomy. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 72, n. 1/2, p. 97-108, 1995.

CAPÍTULO 5

ASPECTOS FISIO-ANATÔMICOS DE FOLHAS EM PLANTAS JOVENS DE *Cupania vernalis* Camb. SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO

1 RESUMO

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. Aspectos físió-anatômicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. 2004. 115p. (Dissertação- Mestrado em Agronomia/Fisiologia Vegetal)*

Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) é uma espécie freqüente em quase todas as formações florestais, principalmente em cerrado e mata de galeria, abrangendo os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul. Esta espécie se destaca, principalmente, pelo seu emprego em plantios mistos destinados à recuperação de áreas degradadas de preservação permanente, por seus frutos serem muito apreciados e consumidos por pássaros e, ainda, na medicina popular contra asma e tosses convulsivas. O estudo da anatomia foliar é de grande importância para a compreensão da plasticidade adaptativa de uma espécie submetida a diferentes condições ambientais, por estar correlacionada com processos de trocas gasosas e assimilação de CO₂ e outras características inerentes ao crescimento da planta. Neste trabalho, objetivou-se estudar o efeito de diferentes níveis de sombreamento (pleno sol, 30%, 50% e 70%) sobre a anatomia foliar e trocas gasosas de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 25 repetições, sendo a unidade experimental constituída de uma planta. Os resultados demonstraram maior taxa fotossintética e, ainda, incrementos na condutância estomática, espessura do limbo, número de estômatos por área e espessura de parede celular em folhas de plantas crescidas sob pleno sol e 30% de sombreamento. Foram observadas correlações positivas entre características de trocas gasosas e anatomia foliar. Pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que a espécie em estudo apresenta grande plasticidade anatômica em relação aos níveis de sombreamento testados, favorecendo, assim, um melhor desenvolvimento das mudas sob diferentes condições ambientais.

2 ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Érico de Castro. **Physio-anatomy traits of leaves in young plants of *Cupania vernalis* Camb. submitted to different shading levels.** 2004. 115p. (Dissertation – Master in Agronomy/Plant Physiology)*

Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) is a common species in almost all the forest associations, mainly in savanna-like vegetation (cerrado) and galeria wood, including the states of Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo as far as Rio Grande do Sul. This species stand out mainly by its use in mixed planting aiming to recovery degraded areas of permanent preservation for its fruits being much appreciated and consumed by birds and, still used in folk Medicine against asthma and convulsive coughs. The study of the leaf anatomy is highly important to the understanding of the adaptive plasticity of a species subjected to different environmental conditions, for being correlated with processes of gas exchanges and CO₂ assimilation and others inherent to plant growth. This work, aimed to study the effect of different shading levels (Full sunshine, 30%, 50% and 70%) on leaf anatomy and gas exchanges of young plants of *Cupania vernalis* Camb. The experimental design employed was the completely randomized with four treatments and 25 replicates, the experimental unit being made up of one plant. The results showed greater photosynthetic rate and in addition, increments in the stomatal conductance, blade thickness, number of stomata per area and thickness of cell wall on leaves of plants grown under the full sunshine and 30% of shading. Positive correlations were observed between gas exchange traits and leaf anatomy. Based in these results, it is possible to suggest that the species used in this study has a great anatomic plasticity relative to the tested shading levels, supporting in this way, a better development of the seedlings under different environmental conditions.

3 INTRODUÇÃO

Cupania vernalis Camb. é uma espécie conhecida popularmente como camboatã ou arco-de-peneira que habita tanto o interior de matas primárias como em todos os estádios de formações secundárias. É descrita na literatura como uma espécie semidecídua, heliófita e seletiva higrófila, característica da floresta semidecídua de altitude e da mata pluvial atlântica. Trata-se de uma espécie de interesse ecofisiológico e econômico, podendo ser utilizada tanto na recuperação de áreas degradadas de preservação permanente quanto no paisagismo. Vale ressaltar também seu grande valor para a fauna, pois seus frutos são utilizados na alimentação, principalmente por pássaros (Lorenzi, 2000), além do seu potencial medicinal, por possuir constituintes antifúngicos (Cavalcanti et al., 2001).

A maioria dos projetos que visa à conservação e exploração de espécies nativas florestais depende da formação de mudas. Sendo assim, a renovação da vegetação, a reconstituição de áreas degradadas, a produção de madeira e a obtenção de fitoterápicos são baseadas na coleta de sementes, reprodução e formação de mudas das espécies (Mello et al., 1998; Almeida, 2001; Campos & Uchida, 2002).

Fatores como luz, temperatura, água e condições edáficas são alguns componentes do meio que influenciam de maneira decisiva o desenvolvimento da vegetação. Portanto, o suprimento inadequado de um desses componentes ou fatores pode reduzir o vigor da planta e limitar o seu desenvolvimento. Dentre esses fatores, a luz, especialmente nos planos qualitativo e quantitativo, age regulando vários processos do desenvolvimento, como a taxa de fotossíntese, biossíntese de pigmentos, assimilação de nitrogênio, anatomia foliar, entre outros processos (Ferreira et al., 1977; Schluter et al., 2003).

Espécies lenhosas em geral apresentam comportamentos diferenciais em resposta à radiação.

Alterações na estrutura interna foliar constituem aspectos decisivos na capacidade de aclimatação das espécies expostas a diferentes condições de ambiente (Hanba et al., 2002; Schluter et al., 2003). Em adição, as características fotossintéticas geralmente variam em resposta a diferentes regimes de irradiância (Boardman, 1977). Folhas de árvores crescendo num ambiente de sombra apresentam modificações nas características fotossintéticas, bioquímicas, organização de células do mesofilo e frequência estomática quando comparadas com folhas crescendo num ambiente de maior irradiância (Sims et al., 1998; Schluter et al., 2003).

A difusão de CO₂ no mesofilo depende da anatomia foliar e da organização das células do mesofilo. Todavia, a variação na condutância em resposta a diferentes níveis de radiação tem sido pouco estudadas (Evans & Loreto, 2000).

O presente trabalho teve por objetivos avaliar os efeitos de diferentes níveis de irradiância em plantas de *Cupania vernalis* Camb. tomando-se por base características anatômicas, fotossintéticas e suas respectivas inter-relações.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Considerações gerais

O trabalho foi conduzido no Departamento de Biologia, Setor de Fisiologia Vegetal, da Universidade Federal de Lavras. A cidade de Lavras esta situada na região sul do estado de Minas Gerais, a 918m de altitude, latitude 21° e 14'S e longitude 45° 00'W Gr., durante o período de abril a novembro de 2003, sob condições de viveiro. As mudas de *Cupania vernalis* Camb. foram produzidas seguindo-se a metodologia descrita no capítulo 4 desta dissertação.

Aos oito meses de idade, plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. foram submetidas a quatro níveis de sombreamento (0% ou pleno sol, 30%, 50% e 70% de sombreamento). Os níveis de 30%, 50% e 70% foram obtidos por meio de telas pretas de nylon, conhecidas como “telas de sombrite”, conforme especificações do fabricante. No cultivo das plantas, foram utilizadas estruturas metálicas cobertas com sombrite. Durante o período de condução do experimento, foram realizadas irrigações diárias e adubações mensais com solução nutritiva modificada, segundo Johnson et al.(1957).

Ao final do experimento, foram analisadas as seguintes características: taxas de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática, por meio do analisador portátil de gás infravermelho de fluxo aberto (LCA-4, Analytical Development Co., Hoddesdon, UK). Essas avaliações foram realizadas em um único dia, às 9 horas da manhã (hora solar), em folhas totalmente expandidas localizadas no terceiro nó, região superior de plantas. Para o estudo de anatomia foliar, foram utilizadas as mesmas folhas submetidas às avaliações de trocas gasosas. O delineamento experimental empregado foi em DIC, sendo cada tratamento constituído por 25 repetições de uma planta cada.

4.2 Microscopia de luz

As folhas submetidas a avaliações de trocas gasosas foram coletadas, posteriormente fixadas em álcool 70% e conduzidas ao laboratório onde foram realizadas as confecções das lâminas para fins de estudos anatômicos. Os cortes foram realizados à mão livre, com a utilização de lâmina de barbear e submetidos, em seguida, à coloração com safranina e azul de astra na proporção de 7:3. No caso específico para avaliações relativas à cutícula foi utilizado o corante Sudam IV.

A determinação da densidade estomática foi realizada por seções paradérmicas da epiderme na face abaxial. A contagem de estômatos foi realizada em microscópio Olympus CBB, com o auxílio de uma câmara clara, segundo Labouriau et al. (1961), em 4 campos da região mediana de 10 folhas provenientes de dez plantas distintas, perfazendo-se um total de 40 campos por tratamento.

A espessura foliar foi avaliada por meio de seções transversais de lâminas semipermanentes de 10 folhas provenientes de dez plantas distintas, sendo as medições realizadas pelo microscópio KEN-A-VISION 2100 equipado com uma Ocular Micrométrica. As medidas foram realizadas em três campos por folha, perfazendo-se um total de 30 medições para cada tecido foliar por tratamento.

O índice estomático (Si) foi calculado por meio da seguinte fórmula: S_i (%) = $[S_n / (S_n + E_m)] \times 100$, sendo (S_n) o número de estômatos e o (E_m) o número de células da epiderme. As observações e as documentações foram realizadas em fotomicroscópio Olympus BX 60.

4.3 Microscopia eletrônica de transmissão (MET)

O preparo das amostras e as observações em MET foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultra-estrutural (LME) do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras. Fragmentos de 0,5 cm² foram retirados de cinco folhas de cada tratamento, localizadas no 3º nó abaixo do ápice e fixadas, em seguida, numa solução composta de glutaraldeído (2,5%) e paraformaldeído (2,5%) em tampão cacodilato, pH 7,0, 0,05M + CaCl₂ 0,001M por, pelo menos, uma hora, em temperatura ambiente. Posteriormente, esses fragmentos foram lavados em tampão cacodilato 0,05M (três vezes de 10 minutos) e pós-fixados em tetróxido de ósmio 1% em tampão cacodilato 0,05 M por 1-2 horas. Em seguida, iniciou-se a desidratação em gradiente de acetona (30, 50, 70, 90 por 10 minutos e três vezes por 10 minutos em 100%). Logo após, o material foi incluído em gradiente crescente de acetona e resina Spurr 30% por 8 horas, a 70% por 12 horas e duas vezes a 100% em intervalos de 24 horas, sendo os tecidos emblocados em resina pura e colocados em estufa a 70°C por 48 horas para a polimerização. Os blocos obtidos foram desbastados com lâminas de barbear para a retirada da resina excedente.

Em seguida, foram realizados os cortes em seções semifinas (1µm) e ultrafinas (<100nm), utilizando-se um ultramicrotomo Reichert-Jung (ultracut), com o auxílio de navalha de diamante. Os cortes semifinos foram coletados com anel de ouro, colocados em lâminas de vidro, coloridos com azul de toluidina (1g azul de toluidina, 1g borato de sódio e 100 mL de água purificados por meio de filtro Millipore 0,2µm) e montados permanentemente em meio Permalt. Os cortes ultrafinos foram coletados em grades de ouro (golden slot grids), secos em raques de alumínio cobertos com formvar (Rowley & Moran, 1975). As seções foram pós-contrastadas em acetato de uranila, seguido por acetato de

chumbo por 3 minutos cada e, em seguida, examinadas em microscópio eletrônico de transmissão Zeiss, modelo EM 902 a 80Kv.

4.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos representados por quatro níveis de luz (70%,50%,30% e pleno sol), com 25 repetições, sendo a unidade experimental constituída de uma planta. Os dados foram submetidas à análise de variância e testes de média, utilizando-se o programa SISVAR 4.3 (Ferreira, 1999).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Folhas das plantas de *Cupania vernalis* Camb. possuem uma organização dorsiventral e apresentam uma espessa camada de cutícula na superfície adaxial. As epidermes adaxial e abaxial apresentam uma única camada de célula. O parênquima paliçádico tem de 1 a 2 estratos celulares, enquanto que o parênquima esponjoso possui de 4 a 5. A folha é hipoestomática com os estômatos situados ao nível das células epidérmicas. Os estômatos são do tipo paracítico (Figuras 3 e 6).

Com relação às trocas gasosas, as plantas cultivadas sob 50% e 70% de sombreamento apresentaram as menores taxas de fotossíntese líquida quando comparadas com os demais tratamentos avaliados. As plantas submetidas a 70% de sombreamento foram as que exibiram menor condutância estomática em relação às cultivadas em pleno sol (Figura 1).

Quanto à transpiração, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Figuras 1a), muito embora, tenha sido verificado um aumento na condutância estomática e um incremento concomitante na fotossíntese líquida

em níveis mais elevados de irradiância, demonstrando uma relação direta entre essas duas características (Figuras 1b e 1c).

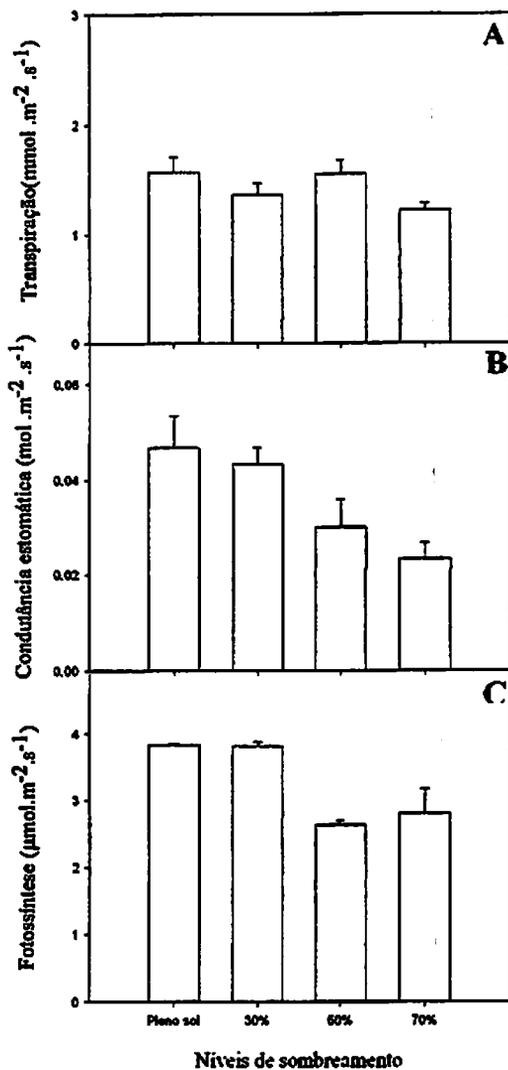


FIGURA 1 Valores médios de taxa fotossintética líquida, transpiração e condutância estomática em plantas de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento (médias de 5 plantas).

Vários trabalhos vêm sendo realizados para se estudar o efeito de diferentes níveis de radiação sobre a estrutura foliar e trocas gasosas (Sims et al., 1998; Alvarenga et al., 2003; Schluter et al., 2003;).

Em *Croton urucurana* Baill, uma espécie pioneira, Alvarenga et al. (2003) verificaram também que as maiores taxas fotossintéticas ocorreram em plantas jovens cultivadas em níveis mais elevados de irradiância (30% e a pleno sol).

Trabalhando com espécies tolerantes e sensíveis à sombra, Ramos & Grace (1990) observaram resultados com tendências semelhantes em que os maiores valores de condutância estomática foram observados em plantas tolerantes cultivadas a pleno sol.

Welander & Ottosson (2000), estudando o efeito de diferentes níveis de irradiância, observaram que as taxas transpiratórias em plantas de *Quercus robur* foram maiores com o aumento da irradiância.

Os resultados obtidos em plantas de *Cupania* corroboram com os de Piel et al. (2002). Estes autores verificaram que plantas de *Juglans regia* cultivadas a pleno sol apresentaram maiores taxas de fotossíntese e condutância estomática, confirmando a citada relação entre essas duas características.

Com relação à anatomia foliar, observações de seções transversais em lâminas foliares das plantas de *Cupania* mostraram maior espessura do limbo no tratamento a pleno sol, seguidas das plantas cultivadas sob 30%, 50% e 70% de sombreamento, respectivamente (Tabela 1).

TABELA 1 Espessura das epidermes abaxial e adaxial, parênquimas paliçádico e esponjoso e espessura total do limbo foliar de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Espessura (μm)				
	Ep. adaxial	Ep. abaxial	Parênquima paliçádico	Parênquima esponjoso	Espessura do limbo
Pleno sol	25,50 a	8,40 a	85,80 a	50,10 a	169,53 a
30%	18,75 b	5,70 b	60,60 b	53,10 a	138,15 b
50%	15,15 c	6,00 b	48,00 c	50,40 a	119,55 c
70%	16,35 bc	7,80 a	49,35 c	45,60 a	119,10 c

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Espessura do parênquima paliçádico e as epidermes abaxial e adaxial foram os tecidos que mais contribuíram para a maior espessura do limbo nas plantas cultivadas a pleno sol, uma vez que não foram observadas diferenças significativas na espessura do parênquima esponjoso (Figuras 2 e 3). Pôde-se verificar, ainda, que os espaços intercelulares no mesofilo das folhas submetidas a 70% de sombreamento foram maiores em comparação com essa mesma característica das folhas a pleno sol (Figuras 3 e 4).

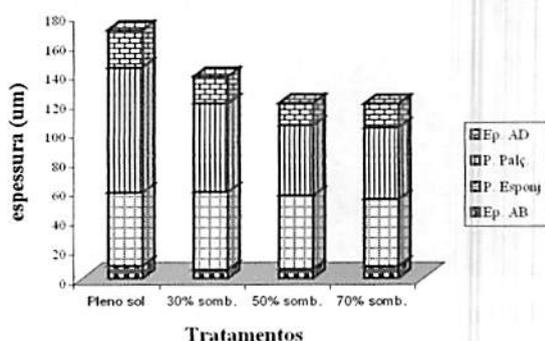


FIGURA 2 Espessura dos tecidos do limbo foliar de plantas de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

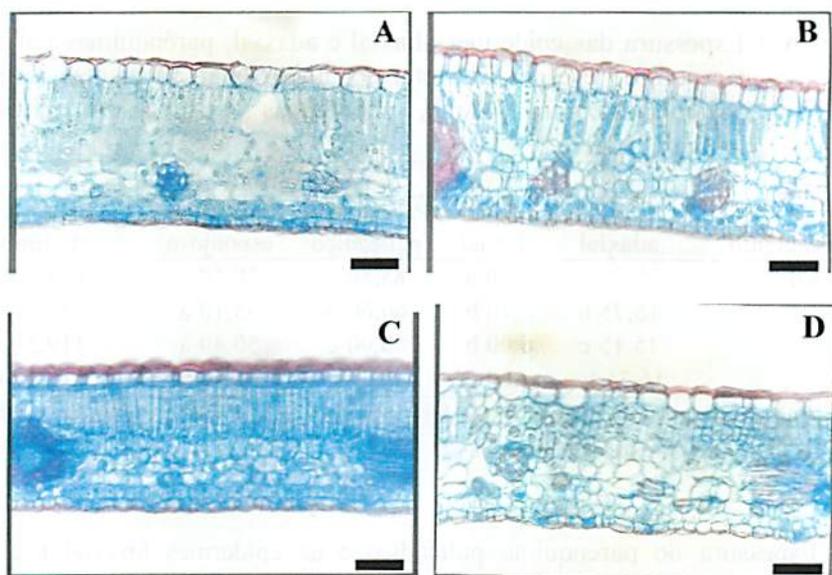


FIGURA 3 Fotomicrografias em seções transversais de lâminas foliares de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, A(pleno sol); B(30%); C(50%) e D(70%) de sombreamento. Barra corresponde a 50 μ m.

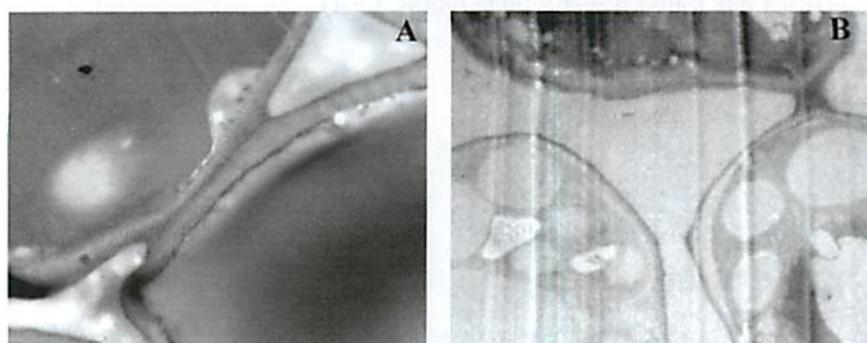


FIGURA 4 Eletrofotomicrografias em seções transversais de lâminas foliares de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, A(pleno sol; 7000X) e B(70%;3000X) de sombreamento.

TABELA 1 Espessura das epidermes abaxial e adaxial, parênquimas paliçádico e esponjoso e espessura total do limbo foliar de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Espessura (μm)				Espessura do limbo
	Ep. adaxial	Ep. abaxial	Parênquima paliçádico	Parênquima esponjoso	
Pleno sol	25,50 a	8,40 a	85,80 a	50,10 a	169,53 a
30%	18,75 b	5,70 b	60,60 b	53,10 a	138,15 b
50%	15,15 c	6,00 b	48,00 c	50,40 a	119,55 c
70%	16,35 bc	7,80 a	49,35 c	45,60 a	119,10 c

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Espessura do parênquima paliçádico e as epidermes abaxial e adaxial foram os tecidos que mais contribuíram para a maior espessura do limbo nas plantas cultivadas a pleno sol, uma vez que não foram observadas diferenças significativas na espessura do parênquima esponjoso (Figuras 2 e 3). Pôde-se verificar, ainda, que os espaços intercelulares no mesofilo das folhas submetidas a 70% de sombreamento foram maiores em comparação com essa mesma característica das folhas a pleno sol (Figuras 3 e 4).

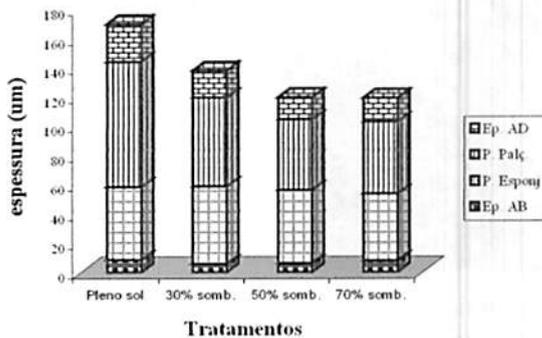


FIGURA 2 Espessura dos tecidos do limbo foliar de plantas de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

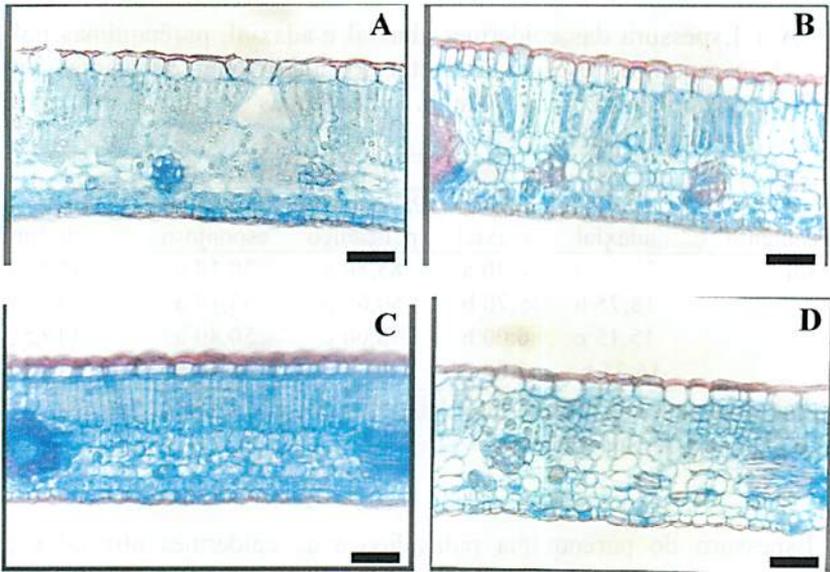


FIGURA 3 Fotomicrografias em seções transversais de lâminas foliares de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, A(pleno sol); B(30%); C(50%) e D(70%) de sombreamento. Barra corresponde a 50 μ m.

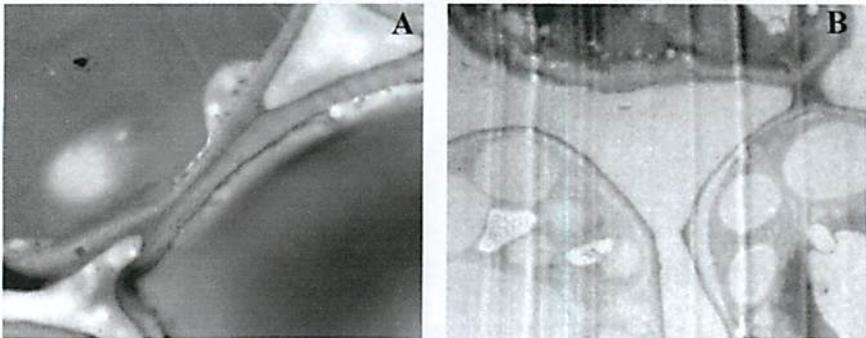


FIGURA 4 Eletrofotomicrografias em seções transversais de lâminas foliares de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, A(pleno sol; 7000X) e B(70%;3000X) de sombreamento.

Vários trabalhos com espécies lenhosas têm mostrado um maior espessamento do mesofilo e redução dos espaços intercelulares em folhas de plantas cultivadas a pleno sol em relação às cultivadas em níveis mais elevados de sombreamento (Ashton et al., 1992; Almeida, 2001; Nakazono et al., 2001; Piel et al., 2002).

Hanba et al. (2002) avaliaram o efeito de diferentes níveis de irradiância sobre a anatomia foliar em três espécies de *Acer* (*A. palmatum*, *A. mono* e *A. rufinerve*) e verificaram que todas as espécies apresentaram um espessamento no mesofilo com o aumento da radiação. Esse maior espessamento também se deve a um parênquima paliçádico mais espesso.

O decréscimo na espessura do limbo foliar de plantas de *Cupania vernalis* cultivadas em níveis mais elevados de sombreamento pode ter ocorrido em virtude da diferença na distribuição de fotoassimilados. Em condições de baixa irradiância, as plantas apresentaram folhas mais delgadas devido ao consumo de assimilados para a expansão da área foliar (Cooper & Qualls, 1967; Sert, 1992; Castro, 2002).

Com relação às paredes das células dos parênquimas paliçádico e esponjoso, foram observadas diferenças marcantes entre os tratamentos. As paredes das células de ambos os tecidos foram mais espessas em folhas submetidas a pleno sol quando comparadas com as cultivadas sob 70% de sombreamento (Tabela 2 e Figura 4).

TABELA 2 Valores médios da espessura da parede celular em células dos tecidos paliádico e esponjoso de folhas de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Níveis de sombreamento	Espessura da parede de células do paliádico (nm)	Espessura da parede de células do esponjoso (nm)
Pleno sol	656,6 a	348,3 a
70% sombreamento	483,1 b	206,5 b

As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com as teorias que explicam a ação morfogenética da radiação solar, segundo Rizzini (1976), plantas submetidas a maiores níveis de irradiância apresentam, geralmente, elevadas concentrações de açúcares solúveis e, como consequência, um aumento da pressão osmótica celular, causando uma diminuição no teor de água dos tecidos. Dessa maneira, há um déficit hídrico nas folhas, o qual gera um desvio de água dos meristemas. Em consequência, o crescimento das células na fase de alongamento é reduzido e o crescimento em expansão das paredes celulares paralizam antes do que deveriam, tendendo, por isso, a tornarem-se mais espessas. O resultado final é a formação de células menores e com maior espessura de parede.

Segundo Evans (1999), há uma relação estreita entre espaços intercelulares e espessuras de parede celular na condutância interna. Essa condutância é constituída de dois componentes, ou seja, a difusão de gases através dos espaços intercelulares e a difusão líquida entre a parede celular e os sítios de carboxilação.

No presente estudo, foram observados maiores espaços intercelulares e menores espessuras de parede em folhas de *Cupania* submetidas a níveis mais elevados de sombreamento, favorecendo, assim, maior condutância interna de CO₂ e uma maior distribuição interna de CO₂ nas folhas dessas plantas (Tabela

2, Figura 4), acompanhadas de maiores áreas foliares em relação às folhas de plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 4, Capítulo 4).

Em relação a estômatos, foi observado, a partir de seções paradérmicas em lâminas foliares, que o número de estômatos por área, o número de células e o índice estomático foram superiores em plantas cultivadas a pleno sol e 30% de sombreamento (Figuras 5 e 6). Os estômatos das folhas das plantas submetidas a pleno sol e 50% de sombreamento são menores em diâmetro equatorial, Enquanto que em relação ao diâmetro polar não foram verificadas diferenças entre os tratamentos (Figura 5)

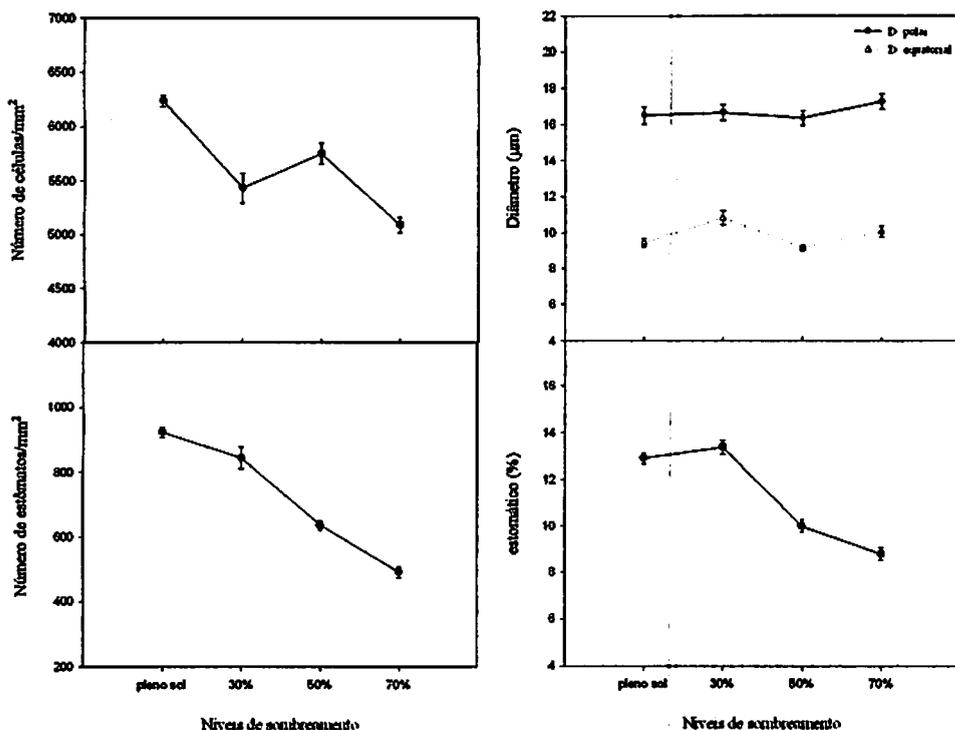


FIGURA 5 Número de estômatos e células por mm², índice estomático (IE), diâmetros polar e equatorial de folhas de plantas de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

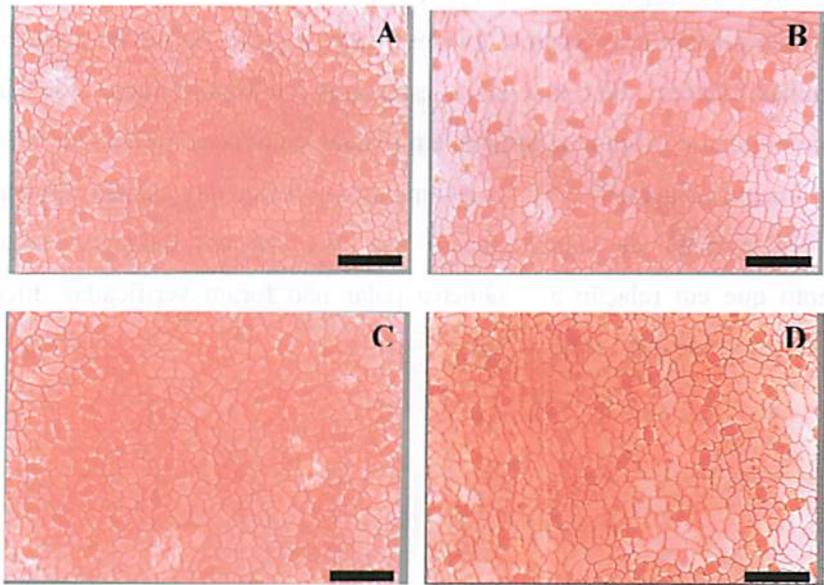


FIGURA 6 Fotomicrografias da epiderme abaxial, em cortes paradérmicos às lâminas foliares de plantas de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento, pleno sol (A), 30% (B), 50% (C) e 70% de sombreamento (D). Barra corresponde a 50 μ m.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos para outras espécies, nas quais geralmente ocorre um aumento na frequência e índice estomático com o aumento da irradiância (Bjorkman & Holmgren, 1963; Abrams & Mostoller, 1995; Castro et al., 1998; Atroch et al., 2001; Almeida, 2001; Castro, 2002; Hanba et al., 2002).

Um aumento na densidade estomática pode permitir que a planta aumente a condutância de gases e, assim, evitar que a fotossíntese seja limitada sob diferentes condições de ambiente. Vários trabalhos têm demonstrado correlações positivas entre número de estômatos e taxa fotossintética (Kundu & Tigerstedt, 1998; Castro, 2002).

de irradiância em que as plantas foram submetidas. Entretanto, Castro et al. (1998) encontraram diferenças significativas apenas no diâmetro polar dos estômatos da espécie de *Guarea guidonea*, os quais foram maiores em folhas de plantas cultivadas em 50% de sombreamento.

De acordo com Voltan et al. (1992) e Morais (2003), o aumento do sombreamento provoca uma redução no número de estômatos, na espessura do mesofilo e aumento dos espaços intercelulares e essas características estão relacionadas ao processo fotossintético.

Resultados contrários foram obtidos por Freitas et al. (2003) em estudos sobre a influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de diferentes cultivares de *Coffea arabica* L. Plantas de cafeeiro submetidas a níveis mais elevados de sombreamento apresentaram maiores taxas fotossintéticas, condutância estomática e transpiração em relação às cultivadas em maiores níveis de irradiância.

As diferenças no número de estômatos observadas nas plantas de *Cupania vernalis* nos diferentes níveis de sombreamento refletiram diretamente na condutância estomática. Quanto maior o número de estômatos/mm² maior a condutância estomática (Figura 7b), portanto, as plantas de *Cupania* cultivadas em níveis mais elevados de irradiância apresentaram uma menor resistência a difusão de gases. A frequência estomática é um bom indicador da capacidade fotossintética, entretanto, a condutância estomática não depende somente do número de estômatos, mas também do seu tamanho (Bjorkman & Holmgren, 1963; Pospisilova & Solarova, 1980).

Para Koslowski et al. (1991), a capacidade de resposta dos estômatos às variáveis ambientais são mais importantes para a determinação da condutância estomática do que o seu número.

Correlações positivas entre transpiração, condutância estomática, índice estomático, número de estômatos, espessura do limbo e taxa fotossintética

líquida foram verificadas no presente estudo (Figura 7). Todas essas características poderão ser utilizadas como indicadores da capacidade fotossintética em plantas de *Cupania* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

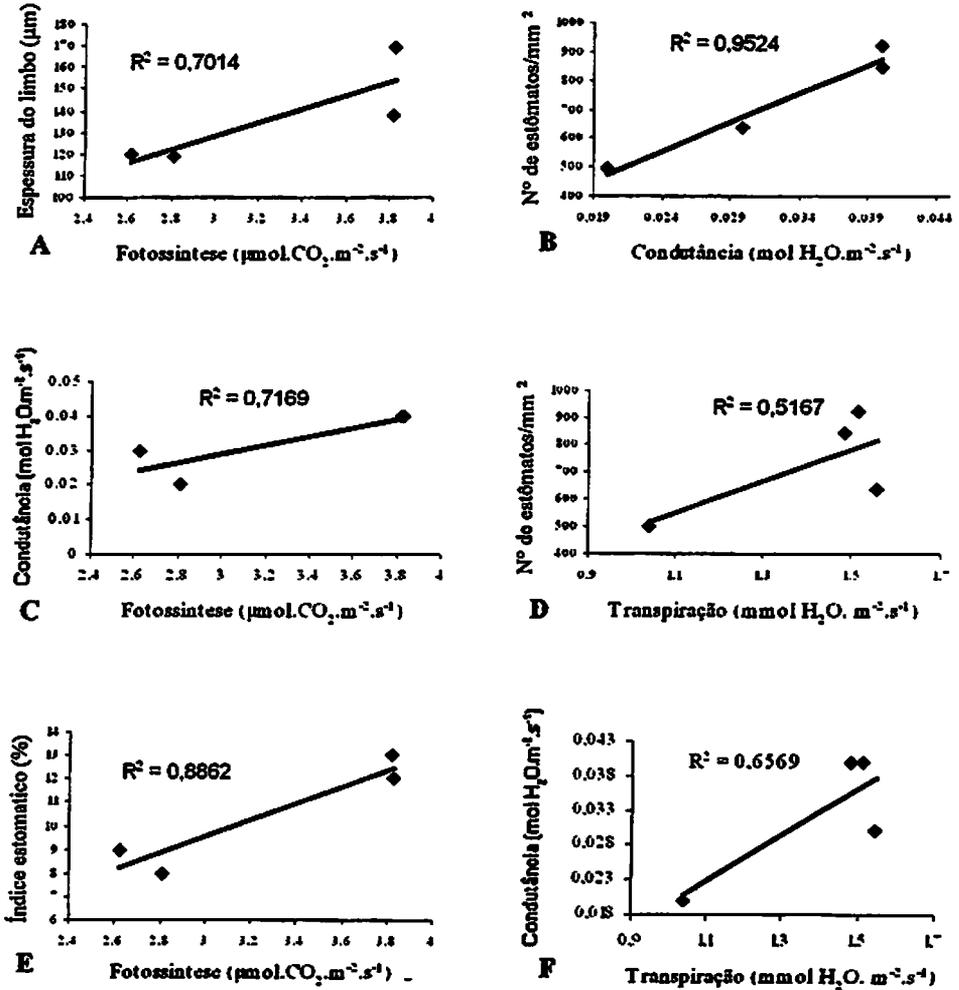


FIGURA 7 Relações entre as características anatômicas e de trocas gasosas avaliadas em folhas de *Cupania vernalis* submetidas a diferentes níveis de sombreamento.

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que a anatomia foliar pode influenciar na taxas de trocas gasosas e, assim, promover grandes diferenças na eficiência do uso da luz (Araus et al., 1986; Schlutler et al., 2003). Uma plasticidade adaptativa comum em espécies que apresentam amplo potencial de aclimatização é a alteração da sua estrutura foliar em respostas aos diferentes níveis de irradiância (Bjorkman, 1981; Sims, Seemann & Luo, 1998; Nakazono et al., 2001; Ivanova & P'yankov, 2002; Piel et al., 2002; Schluter et al., 2003).

6 CONCLUSÕES

As plantas de *Cupania* apresentaram uma grande plasticidade em relação aos diferentes níveis de irradiância estudados, alterando a espessura do limbo foliar, espaços intercelulares, espessura da parede celular, número de estômatos por área, características essas que foram direta e positivamente correlacionadas com características inerentes a trocas gasosas, como taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, S. A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open and understory sites during a drought. *Tree physiology*, Victoria, v. 15, n. 6, p. 361-370, June 1995.
- AHTON, M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. *New Phytologist*, Cambridge, v. 121, n. 4, p. 587-596, Aug. 1992.
- ALMEIDA, L. P. Germinação, crescimento inicial e anatomia foliar de plantas jovens de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. Sob diferentes níveis de radiação. 2001. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; LIMA JÚNIOR, E. de CASTRO; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. In southeastern Brazil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 53-57, jan./fev. 2003.
- ARAUS, J. L.; ALEGRE, L.; TAPIA, L.; CALAFELL, R. SERRET, M. D. Relationship between photosynthetic capacity and leaf structure in several shade plants. *American Journal of Botany*, v. 73, p. 1760-1770, 1996.
- ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. *New Phytologist*, Cambridge, v. 121, n. 4, p. 587-596, aug. 1992.
- ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forticata* Link submetidas à diferentes condições de sombreamento. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, jul./ago. 2001.
- BJORKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O. L.; NOBEL, P. S.; OSMOND, C. B.; ZIEGLER, E. H. (Ed.). *Encyclopedia of plant physiology new series*. Berlin: Springer-Verlag, 1981. v. 12A, p. 57-107.

BJORKMAN, O.; HOLMGREN, P. Adaptability of photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shade habitats. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 16, n. 4, p. 889-915, 1963.

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

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

CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, D. M. de; GAVILANES, T. O. T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. *Daphne*, Belo horizonte, v. 8, n. 3, p. 31-35, jul. 1998.

CASTRO, E. M. Alterações anatomicas, fisiologicas e fitoquimicas em plantas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco) sob diferentes fotoperiodos e níveis de sombreamento. 2002. 221 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAVALCANTI, S. B. T.; TELES, H. L.; SILVA, D. H. S.; FURLAN, M.; YOUNG, M. C. M.; BOLZANI, V. S. New tetra-acetylated oligosaccharide diterpene from *Cupania vernalis* Camb. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, São Paulo, v. 12, p. 413-416, May/June 2001.

COOPER, C. S.; QUALLS, M. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. *Crop Science*, Madison, v. 7, n. 6, p. 672-673, Nov./Dec. 1967.

EVANS, J. R. leaf anatomy enables more equal access to light and CO₂ between chloroplasts. *New Phytologist*, Cambridge, v. 143, n. 1, p. 93-104, 1999.

EVANS, JR; LORETO, F. Aquisition and difusion of CO₂ in higher plant leaves. In: LEEGOOD, R. C.; SHARKEY, T. D. VON CAEMMER. S. (Ed.). *Photosynthesis physiology and metabolism*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 321-351.

FERREIRA, D. F. SISVAR 4.3- Sistema de analises estatísticas. Lavras: UFLA, 1999.

- 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, jul./dez. 1977.
- FREITAS, R. B. de; OLIVEIRA, L. E. M. de; FILHO, N. D.; SOARES, A. M. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 27, n. 4, p. 804-810, jul./agost, 2003.
- HANBA, Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, L. The effects of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell and Environment Oxford*, v. 25, n. 8, p. 1021-1030, Aug. 2002.
- IVANOVA, L. A.; P'YANKOV, V. I. Structural adaptation of the leaf mesophyll to shading. *Russian Journal of Plant Physiology*, New York, v. 49, n. 3, p. 419-431, May/June 2002.
- KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environment heterogeneity. *Environment and Experimental Botany*, Elmsford, v. 44, n. 3, p. 171-183, Dec. 2000.
- KOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. I.; PALLARDY, S. G. *The physiological ecology of woody plants*. London: Academic press, 1991. 657 p.
- KUNDU, S. K.,; TIGERSTEDT, P. M. A. Variation in net photosynthesis, stomatal characteristics, leaf area and whole plant phytomass production among ten provenances of neem (*Azadirachta indica*). *Tree Physiology*. n.19 p. 47-52. 1998
- LABOURIAL, L. G.; OLIVEIRA, J. G.; SALGADO-LABOURIAL, M. L. Transpiração de *Schizolobium parahyba* (Vell) Toledo I. Comportamento na estação chuvosa, nas condições de Caeté, Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, p. 237-257, set. 1961.
- LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. v. 1.
- MELLO, J. T. et al. Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de espécies de cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina-DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1998. 556 p.

MORAIS, H.; MAURUR, C. J.; CARAMON, P. H. RIBEIRO, A. M. de A.; GOMES, J. C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, out. 2003.

NAKAZONO, E. M. , COSTA, M. C. da, FUTATSUGI, K. , PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart em diferentes regimes de luz. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 173-179, jun. 2001.

PIEL, C.; FRAK, E.; ROUX, X L.; GENTY, B. Effects of local irradiance on CO₂ transfer in wainut. *Journal of Experimental Botany*, v. 53, n. 379, p. 2423-2430, Dec. 2002

RAMOS, J.; GRACE, J. The effects of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from México. *Functional Ecology*, Oxford, v. 4, n. 5, p. 667-677, 1990.

RIZZINI, C. T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos*. São Paulo: HUCITEC, EDUSP, 1976. 327 p.

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

SERT, M. A. Anatomia foliar e teores de clorofila em três variedades de soja0 [*Glycine Max* (L.) MEDRILL] e dois níveis de radiação solar. 1992. 66 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SIMS, D. A.; SEEMANN, J. R.; LUO, Y. Elevated CO₂ concentration has independent effects on expansion rates thickness of soybean leaves across light and nitrogen gradients. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 49, n. 320, p. 583-591, Mar. 1998.

VOLTAN, R. B. Q. , FAHL, J. L.; CARELLI, M. L. C. Variações na anatomia foliar de cafeeiros submetidos a diferentes intensidades luminosas. *Revista Brasileira de Fisiologia*, Brasília, v. 4, n. 2, p. 99-105, dez. 1992.

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*, Amsterdam, v. 127, n. 1/3, p. 139-151. , Mar. 2000.