

VALQUÍRIA APARECIDA MENDES DE JESUS

**GERMINAÇÃO DA SEMENTE E MORFOANATOMIA DA PLÂNTULA
DE *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CLUSIACEAE)**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2010**

VALQUÍRIA APARECIDA MENDES DE JESUS

**GERMINAÇÃO DA SEMENTE E MORFOANATOMIA DA PLÂNTULA
DE *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CLUSIACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2010**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

631.521 Jesus, Valquíria Aparecida Mendes de
J58g Germinação da semente e morfoanatomia da plântula de
Calophyllum brasiliense Cambess. (Clusiaceae). / Valquíria
Aparecida Mendes de Jesus. – Maringá, PR : UEM, 2010.
74f.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini
Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção
Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá.

1. Espécies de árvores nativas - Guanandi 2. Dormência
(Botânica). 3. Sementes - Morfologia. 4. Sementes -
Anatomia. 5. Sementes – Germinação. I. Título.

VALQUÍRIA APARECIDA MENDES DE JESUS

GERMINAÇÃO DA SEMENTE E MORFOANATOMIA DA PLÂNTULA DE
Calophyllum brasiliense CAMBESS. (CLUSIACEAE)

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em: 12 de Fevereiro de 2010.

Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini
(Orientador)

Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli

Prof. Dr. Ismar Sebastião Moscheta

Ao meu marido
Aos meus pais
Aos meus irmãos
Aos meus afilhados

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Dr. Alessandro de Lucca e Braccini, pela orientação, pela confiança e, sobretudo, pela dedicação.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Luiz Antonio de Souza, por ter aceitado orientar este trabalho, por todo auxílio, pela disponibilidade e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim, por toda ajuda e orientação ao longo deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ismar Sebastião Moscheta, pela amizade e pelo auxílio na realização deste trabalho.

À Profa. Dra. Sueli Sato Martins, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Vasconcelos Florestal pela concessão das sementes para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Fábio Lúcio Santos, amigo e marido, pelo amor, carinho, pelo apoio durante toda a minha vida acadêmica e pelos conselhos ao longo de toda nossa convivência.

Aos meus queridos pais José Necésio de Jesus e Maria Inez Mendes de Jesus, meus irmãos Gustavo José Mendes de Jesus e Alírio Mendes de Jesus, minhas irmãs Celeste Mendes de Jesus Moraes e Ana Cláudia Mendes de Jesus, minha querida avó Dulce Mendes de Siqueira *in memoriam*, minhas sobrinhas Polyana, Paloma, Ana Laura, Maria Clara, Maria Vitória e ao meu sobrinho Pedro Henrique e demais familiares pelo apoio, amor e carinho.

Em especial ao meu tio Ademir Mendes Teixeira por toda ajuda e incentivo para a vida e para os estudos.

Ao amigo Dirceu Galli, pela disponibilidade, ajuda e principalmente, pela sincera amizade.

Aos meus amigos e colegas de pesquisa, Angela, Cássia, Daniel, Gracielle, Guilherme, José, Joselaine, Kelly, Lia, Tiago e tantos outros que de alguma forma contribuíram na realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

VALQUÍRIA APARECIDA MENDES DE JESUS, filha de José Necésio de Jesus e Maria Inez Mendes de Jesus, nasceu no dia 18 de junho de 1983, em Lavras, Minas Gerais.

Concluiu o Ensino Médio em dezembro de 2001, no Colégio Nossa Senhora de Lourdes, em Lavras.

Graduou-se em Engenharia Florestal, no dia 27 de março de 2007, pela Universidade Federal de Lavras.

Em março de 2008, iniciou-se no curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá e apresentou-se à Banca examinadora para defesa em fevereiro de 2010.

ÍNDICE

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Fisiologia da semente	3
2.2 Germinação	5
2.3 Aspectos fisiológicos da germinação	6
2.3.1 Embebição	7
2.3.2 Indução do crescimento	8
2.3.3 Crescimento	8
2.4 Fatores que afetam a germinação	8
2.4.1 Vitalidade e viabilidade	8
2.4.2 Longevidade	9
2.4.2.1 Classificação das sementes quanto à longevidade	9
2.4.3 Grau de maturidade	10
2.4.4 Dormência	10
2.4.5 Sanidade	12
2.4.6 Fatores genéticos da semente	13
2.4.7 Água	13
2.4.7.1 Embebição	14
2.4.7.2 Velocidade de embebição	14
2.4.7.3 Relação água e semente	15
2.4.7.4 Relação semente e substrato	15
2.4.8 Oxigênio	15
2.4.9 Temperatura	16
2.5 Teste de germinação	17
2.5.1 Importância do teste de germinação	18

2.6 Grupo ecológico	18
2.6.1 Tipos de grupo ecológico	18
2.7 Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento	19
2.7.1 Crescimento inicial: plântula e tirodendro	19
2.7.2 Estruturas da plântula e do tirodendro	19
2.8 Produção de plântulas e tirodendros.....	20
2.8.1 Produção em sementeiras	20
2.8.2 Casa de vegetação e telado	20
2.9 Morfologia de plântula e tirodendro	21
2.9.1 Importância do estudo morfológico	21
2.10 Anatomia de plântula e tirodendro	21
2.10.1 Importância do estudo anatômico	21
2.10.2 Testes histoquímicos	21
2.11 Padrão de venação	22
2.12 Espécie em estudo: família, gênero e espécie	22
2.12.1 Família Clusiaceae	22
2.12.2 Gênero <i>Calophyllum</i> L.	23
2.12.3 Espécie <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	23
2.13 Ocorrência natural	23
2.14 Grupo ecológico da espécie	24
2.15 Importância e usos da espécie	24
2.16 Comparação entre espécies florestais	25
2.17 Fruto e semente	26
2.18 Dispersão, colheita, beneficiamento e armazenamento	26
2.18.1 Dispersão	26
2.18.2 Colheita	27
2.18.3 Beneficiamento	27
2.18.4 Armazenamento	27
2.19 Tratamentos pré-germinativos	27
2.20 Germinação da espécie	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	28

3.1 Obtenção das sementes	28
3.2 Germinação das sementes	29
3.2.1 Tratamentos	29
3.2.1.1 Testemunhas	29
3.2.1.2 Escarificação mecânica	30
3.2.1.3 Escarificação química por 15 min	30
3.2.1.4 Imersão em água quente – 48 h	30
3.2.1.5 Escarificação mecânica e água por 2 h	30
3.2.1.6 Retirada total do envoltório	31
3.2.2 Experimento 1	31
3.2.3 Experimento 2	31
3.2.4 Experimento 3	32
3.2.5 Avaliação e análise dos dados	32
3.3 Morfoanatomia da plântula e tirodendro	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Germinação das sementes	36
4.1.1 Experimento 1	36
4.1.2 Experimento 2	42
4.1.3 Experimento 3	47
4.2 Morfoanatomia da plântula e tirodendro	53
4.2.1 Morfologia	53
4.2.2 Anatomia	56
5 CONCLUSÕES	66
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

RESUMO

JESUS, Valquíria, A. M. de. M.Sc. Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2010. **Germinação da semente e morfoanatomia da plântula de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae)**. Professor orientador: Dr. Alessandro de Lucca e Braccini. Professor conselheiro: Dr. Luiz Antonio de Souza.

Calophyllum brasiliense destaca-se por apresentar madeira nobre e características medicinais, além de ser excelente para recuperação de áreas degradadas. No primeiro capítulo, o presente estudo teve como objetivo analisar a influencia do envoltório das sementes em sua germinação. Foram instalados três experimentos, sendo estes em laboratório, casa de vegetação e telado. Em cada experimento avaliou-se a percentagem, velocidade e tempo médio de germinação em seis tratamentos. Os tratamentos consistiram em retirada total do envoltório; escarificação química; escarificação mecânica; escarificação mecânica e permanência em água por duas horas; imersão em água quente; e a testemunha. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado no laboratório e na casa de vegetação, enquanto no telado utilizou-se o delineamento em blocos casualizados. Cada tratamento consistiu em quatro repetições de 25 sementes, sendo que as avaliações foram feitas diariamente por um período de 90 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade. No laboratório, o tratamento escarificação mecânica seguido por 2 h em água apresentou melhores resultados a partir da avaliação do total de germinação e do IVG. Na casa de vegetação, a retirada total do envoltório apresentou os melhores resultados. No telado, os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos escarificação mecânica seguida por 2 h em água e a escarificação química. A variável tempo médio não apresentou diferença significativa nos três experimentos avaliados. No segundo capítulo objetivou-se uma descrição morfoanatômica da plântula e tirodendro. O material vegetal obtido em casa de vegetação foi avaliado em

diferentes fases de desenvolvimento, sendo realizadas análises a fresco e fixadas em FAA 50. A análise anatômica foi feita mediante seções a mão livre e microtômicas, de acordo com técnicas usuais em anatomia vegetal. A plântula caracteriza-se por ser criptocotiledonar e hipogéia, possui catafilos, e apresenta eofilos e metafilos simples de venação pinada craspedódroma simples, sendo a raiz é poliarca e o hipocótilo é muito reduzido. Os cotilédones possuem reserva amilácea e oleaginosa, o epicótilo tem natureza caulinar, e os eofilos e metafilos são dorsiventrais. A plântula enquadra-se no tipo e subtipo *Horsfieldia*.

Palavras-chave: espécie nativa, dormência, morfologia, anatomia.

ABSTRACT

JESUS, Valquíria, A. M. de. M.Sc. Universidade Estadual de Maringá, february 2010. **Seed germination and seedling morphology and anatomy *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae).** Advisor: Dr. Alessandro de Lucca e Braccini. Councilmen: Dr. Luiz Antonio de Souza.

Calophyllum brasiliense, stands out for its hardwood, medical characteristics, and is excellent for recovery of degraded areas. In the first chapter, this study was to analyze the influence of the mantle of the seeds in their germination. Three experiments were installed, which are in the laboratory, greenhouse and greenhouse. In each experiment, the percentage, speed and mean germination time in six treatments. The treatments consisted of total removal of the mantle, chemical scarification, mechanical scarification, mechanical scarification and permanence in water for two hours, immersion in hot water, and the witness. The design used in the laboratory and greenhouse was completely randomized, as in the nursery used a randomized block design. Each treatment consisted of four replicates of 25 seeds, and the assessments were made daily for a period of 90 days. The data were subjected to analysis of variance. The means of the treatments were compared by t test (LSD) at 5% probability. In the laboratory, the mechanical scarification treatment followed by 2 h in water showed better results from the assessment of total germination and the IVG. In the greenhouse, the total withdrawal of the mantle showed the best results. In the greenhouse, the best results were found in mechanical scarification treatments followed by 2 h in water and chemical scarification. The variable mean was not significantly different in the three experiments were assessed. In the second chapter aimed to an anatomical description of the seedling and tirodentro. The plant material in the greenhouse was evaluated at different stages of development, and analyzes the fresh and fixed in FAA 50. The anatomical analysis was done by the freehand sections and Microtome, according to standard techniques in plant anatomy. The seedling is cryptocotylar and hypogeal, has cataphylls, and presents eophylls and

metaphylls simple venation pinnate craspedodromous simple. The root is polyarch, the hypocotyl is very low, the cotyledons have a reservation and starch crop, the epicotyl is of a stem, and eophylls and metaphyll are dorsiventral. The seedling is part of the type and subtype *Horsfieldia*.

Keywords: native species, dormancy, morphology, anatomy.

1 INTRODUÇÃO

A escassez de conhecimentos técnicos e ecológicos sobre a flora nativa limita a utilização da espécie frente a todo o seu potencial, além de seu uso inadequado acarretar em danos ambientais como extinção, degradação ambiental e comprometimento de nascentes e cursos d'água.

A preservação de matas e o uso sustentável de recursos florestais madeireiros e não madeireiros é uma preocupação mundial. Estudos que contribuam para a conservação e recuperação de recursos ambientais são justificáveis devido ao número crescente de desmatamentos, queimadas e atividade mineradora em função da industrialização e do desenvolvimento econômico.

A conservação, a exploração sustentável, o estabelecimento de bancos de germoplasma são baseados na coleta de sementes e na produção de mudas. Estudos que forneçam informações precisas sobre o potencial da espécie, a germinação, morfologia, anatomia e produção de mudas, apesar de escassos são fundamentais para a conservação e o uso adequado das espécies. Tais informações auxiliam na identificação tanto de espécies já estabelecidas quanto das fases iniciais, e ainda possibilitam maior sucesso na recuperação de áreas além de estabelecer melhores condições para a produção.

O plantio de espécies nativas em larga escala tanto para fins econômicos quanto para a conservação de áreas requer conhecimentos de suas características fisiológicas e suas necessidades ecológicas ao longo de todo seu biociclo. Dentre os principais aspectos para o florestamento, reflorestamento e o manejo de florestas nativas, destaca-se o processo de germinação das sementes, além do conhecimento morfológico e anatômico tanto de espécies já estabelecidas quanto das fases iniciais que podem fornecer subsídios para a compreensão da regeneração natural e a tecnologia de produção de mudas.

Muitas espécies florestais apresentam dificuldade de germinação, problema associado muitas vezes a ambientes e condições inadequadas para a espécie ou mesmo devido à presença de dormência impedindo a germinação. O conhecimento de fatores que influenciam no processo germinativo é essencial para a preservação e uso das espécies. O estabelecimento de métodos que proporcionam um maior percentual de germinação, uma germinação mais rápida e uniforme está relacionado com a preservação, perpetuação e produção de mudas.

A espécie *Calophyllum brasiliense* pertencente à família Clusiaceae, comumente conhecida como guanandi e é uma espécie nativa do Brasil. Se desenvolve bem em todos os estados brasileiros, sua madeira apresenta excelente qualidade, possui grande potencial de uso, é uma espécie de grande importância química e farmacológica, podendo ser utilizada como ornamental e em recuperação de áreas degradadas, inclusive em áreas inundadas ou com inundações frequentes.

Sua germinação, assim como a de várias outras espécies florestais nativas, é irregular, o que dificulta o seu uso. Contudo, com todo o potencial da espécie é necessário estabelecer melhores condições para a sua germinação e conhecer a sua morfologia e anatomia permitindo assim o reconhecimento e identificação, valorizando a espécie e incentivando a exploração de maneira sustentável, visando sua conservação e perpetuação.

Devido à importância da espécie e a escassez de estudos germinativos e morfoanatômicos de espécies nativas, o presente trabalho objetivou um estudo sobre o efeito do envoltório da semente de *Calophyllum brasiliense* no processo germinativo visando um maior percentual de germinação em um processo mais rápido e uniforme, bem como uma análise estrutural da plântula e tirodendro da espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fisiologia da semente

Nos óvulos de espécies de Magnoliophyta (Angiospermae), ocorre dupla fecundação, com formação de dois zigotos. A semente é resultante do desenvolvimento do óvulo ou do rudimento seminal e é constituída basicamente pelo embrião, formado a partir de um dos zigotos, resultante da união da oosfera com a célula espermática; pelo endosperma, geralmente triploide, formado a partir do outro zigoto por meio da fusão de dois núcleos polares com o segundo núcleo espermático; e do tegumento (externo ou testa, e interno ou tégmen) proveniente dos integumentos que envolvem o óvulo (KIGEL; GALILI, 1995; SOUZA, 2003).

O embrião pode apresentar um ou dois cotilédones, os quais são as primeiras folhas ligadas ao eixo embrionário. Segundo Souza (2003), o eixo embrionário pode ser dividido em duas regiões, uma abaixo e outra acima ao nó cotiledonar. Na primeira, o eixo compreende o hipocótilo e a radícula enquanto o outro extremo é formado pelo epicótilo e a plúmula.

O endosperma é um tecido de reserva que permanece ao redor do embrião e durante o desenvolvimento deste, aquele é absorvido. Sementes com presença de endosperma após o desenvolvimento do embrião são denominadas endospérmicas ou albuminosas. Sementes onde o endosperma é totalmente consumido no início do desenvolvimento do embrião, são denominadas sementes exendospérmicas ou exalbuminosas. Em sementes albuminosas, o conteúdo de reserva encontrado nos endospermas é lipídico, amiláceo ou protéico. Em sementes exalbuminosas, tais reservas são encontradas nos cotilédones.

O tegumento é um envoltório externo que define a semente. O envoltório pode ser constituído apenas pelo tegumento, como também pelo pericarpo ou parte deste (PEREZ, 2004). De acordo com Souza (2003), a semente madura

formada a partir de óvulo bitegumentado pode apresentar dois tegumentos bem desenvolvidos ou apenas um. A presença de apenas um tegumento em semente proveniente de óvulo bitegumentado deve-se a absorção do outro durante o desenvolvimento da semente.

O envoltório desempenha funções de proteção às partes internas contra danos do meio externo. Ele protege o embrião; funciona como barreira a entrada de microrganismos; controla a absorção de água, regulando a velocidade de embebição e controla as trocas gasosas. O envoltório regula a germinação podendo ocasionar dormência nas sementes (PEREZ, 2004).

Algumas espécies possuem como unidade de dispersão todo o fruto e não apenas a semente. Como resultado do amadurecimento do ovário, o fruto garante proteção às sementes surgidas após a fecundação, ocorrendo exclusivamente nas Angiospermas. O fruto é constituído pelo pericarpo e semente. O pericarpo pode ser subdividido em epicarpo ou exocarpo, mesocarpo e endocarpo (SOUZA, 2003).

O estágio de máxima qualidade das sementes e o momento ideal de colheita é denominado maturidade fisiológica. Segundo Marcos Filho (2005), a maturidade fisiológica é o momento em que a planta cessa a transferência de matéria seca para as sementes. A maturidade fisiológica varia em função da espécie e das condições do ambiente (CORVELLO et al., 1999). É possível identificar quando as sementes atingem a maturidade fisiológica por meio de índices como coloração, densidade específica, queda dos frutos, dispersão de sementes, teor de água, tamanho e massa dos frutos e sementes, tais índices se alteram de acordo com o grau de maturação (HIRANO; POSSAMAI, 2008).

No final da maturação, ou mesmo durante o seu transcurso ocorre a redução drástica do metabolismo e paralisação do crescimento do eixo embrionário. Na fase final do processo de maturação as sementes perdem água sem que ocorram acréscimos significativos de matéria seca. A fase de desidratação é lenta enquanto a semente acumula matéria seca. Após atingir a máxima massa de matéria seca, ocorre a ruptura das sementes com a planta mãe e a desidratação é mais rápida (MARCOS FILHO, 2005).

O processo drástico de redução do metabolismo e perda de água ao final do processo de maturação é característico de sementes ortodoxas. Durante o final do período em que as sementes ortodoxas acumulam matéria seca, as sementes adquirem capacidade de tolerar a desidratação (MARCOS FILHO, 2005).

Por outro lado, em sementes recalcitrantes não se verifica esta redução acentuada de água ao final do processo de maturação nem mesmo na intensidade das atividades metabólicas, fato este que leva ao crescimento ininterrupto do eixo embrionário em condições ambientais favoráveis (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Segundo Bortolini (2009), sementes recalcitrantes não adquirem a tolerância à dessecação por apresentarem algum tipo de deficiência em alguns mecanismos presentes em sementes ortodoxas.

Segundo Ferreira et al. (2007), para um grande número de espécies florestais, colher as sementes adequadamente não é suficiente para que estas apresentem bons resultados quanto a germinação. Os autores acreditam que tal fato esteja relacionado à fisiologia das sementes e que o estudo de fatores que influenciem estes eventos fisiológicos durante a germinação são fundamentais para a compreensão do processo germinativo.

2.2 Germinação

Semente viável e não dormente se colocada em condições favoráveis de temperatura, oxigênio, água e às vezes luz, germinará (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Ao longo do tempo, muitas espécies florestais desenvolveram estratégias naturais de sobrevivência. As sementes podem permanecer no solo durante longos períodos e apresentar germinação lenta, irregular ou mesmo nula, mesmo estando viáveis e sob condições ambientais favoráveis para a sua germinação. Tal fato está relacionado com a característica fisiológica de cada espécie, e é uma forma de possibilitar que a futura plântula se estabeleça na comunidade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; FERREIRA et al., 2007; MURDOCH; ELLIS, 2000).

As espécies florestais apresentam, em seu habitat natural, graus de exigências diferenciados para a germinação. Para se obter um maior percentual de germinação, assim como uma germinação mais rápida e uniforme, é necessário conhecer o processo de germinação de cada espécie (FERREIRA et al., 2007).

Por meio de estudos com germinação de sementes, é possível obter respostas da germinação aos fatores ambientais, às causas de dormência e aos métodos de superação, além de adequar os substratos visando um aumento na taxa de germinação (OLIVEIRA et al., 2009).

Apesar da grande importância de várias espécies florestais, principalmente espécies nativas, ainda existe a dificuldade de germinação e produção de mudas para a maioria das espécies nativas no Brasil. Segundo Masetto (2005), informações relativas às características favoráveis à germinação das sementes, por meio das quais torna-se possível alcançar um maior potencial germinativo, apesar de essenciais para a utilização adequada das espécies, são escassas na literatura.

2.3 Aspectos fisiológicos da germinação

A germinação da semente é considerada como a retomada das atividades metabólicas do eixo embrionário, as quais estavam paradas no final do processo de maturação.

O processo de germinação inicia-se utilizando as próprias reservas do embrião. A continuidade do processo se faz por meio da utilização das reservas existentes nos tecidos de reserva. As reservas são degradadas por atividade enzimática e por fluxo dos componentes solúveis levadas às regiões de crescimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A germinação compreende três etapas principais segundo Bewley e Black (1994), sendo a primeira a reativação, a qual compreende a embebição, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo; a segunda etapa é a indução do crescimento, a qual compreende a fase de repouso, como preparo

para o crescimento; e, por último, a etapa de crescimento, onde ocorre a protusão de parte do eixo embrionário, geralmente a radícula.

2.3.1 Embebição

A entrada de água na semente é imprescindível para o retorno das atividades metabólicas após a maturidade fisiológica. A embebição é o primeiro passo para o processo de germinação e a sua falta é um fator limitante afetando o total de germinação, a velocidade e a uniformidade.

A água é fundamental durante a germinação para o metabolismo celular. Marcos Filho (2005) relata a importância da água para processos durante a germinação, como a atividade enzimática, para a solubilização e transporte das reservas. Segundo o autor, a água funciona como reagente na digestão hidrolítica das substâncias de reserva presentes nas sementes. A água está relacionada ao amolecimento do envoltório, para intensificar a velocidade respiratória, para favorecer as trocas gasosas, para a translocação e assimilação das reservas dentre outras.

A hidratação ocorre de forma gradativa. Segundo Marcos Filho (2005), o umedecimento ocorre primeiro em tecidos próximos à superfície e, a medida que o material se hidrata a água começa a ocupar posições mais distantes, sendo que a embebição ocorre por difusão devido à atração entre moléculas de água e a superfície matricial. A embebição é controlada pelas diferenças entre o potencial hídrico dos tecidos da semente e o do substrato fornecedor de água.

Com a embebição ocorre o reinício do metabolismo com a atividade respiratória, síntese e atividade de enzimas e o início da digestão das reservas. Segundo Marcos Filho (2005), no início da embebição ocorrem rápida lixiviação de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos e íons. Alguns componentes celulares são perdidos para o meio, estimulando o desenvolvimento de microrganismos e outros componentes permanecem no interior da célula promovendo a desestabilização da estrutura.

2.3.2 Indução do crescimento

Segundo Marcos Filho (2005), durante a indução do crescimento ocorre uma drástica redução da velocidade de embebição e respiração. Durante a indução, ocorre a digestão de reservas, translocação de reservas para pontos de crescimento do embrião e assimilação de reservas para a formação de novos tecidos.

2.3.3 Crescimento

Na fase de crescimento ocorre a divisão e expansão celular resultando na protusão de parte do eixo embrionário, normalmente a radícula e novo impluso à embebição e a atividade respiratória (MARCOS FILHO, 2005).

2.4 Fatores que afetam a germinação

A germinação de sementes tem sua percentagem, velocidade e uniformidade influenciadas por uma série de fatores que compreendem processos de manejo durante e após a colheita dos frutos, por condições internas das sementes e por fatores ambientais (MARCOS FILHO, 2005). Para que a semente germine é necessário que esta apresente algumas características internas que propiciem a ocorrência da germinação. Abaixo estão listadas as características intrínsecas necessárias para que o processo ocorra.

2.4.1 Vitalidade e viabilidade

A vitalidade se refere ao organismo que possui vida, enquanto a viabilidade engloba as sementes vivas e com todas as estruturas completamente desenvolvidas (MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), o período em que a semente se mantém viável é extremamente variável, existindo espécies que permanecem

viáveis em condições ambientais de armazenamento por um período maior que 221 anos como é o caso da *Mimosa glomerata* e espécies que perdem a viabilidade em um prazo de sete dias, como é o caso da *Salix japonica*.

A viabilidade depende tanto de características internas, como a longevidade, quanto de características do meio, tais como efeito do ambiente no processo de formação, no desenvolvimento, na maturação, na colheita, no processamento e no armazenamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

2.4.2 Longevidade

O período em que as sementes se mantêm vivas quando são armazenadas sob condições favoráveis é denominado longevidade (PEIXOTO, 2006). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), a longevidade das sementes depende das características genéticas da espécie.

2.4.2.1 Classificação das sementes quanto à longevidade

A capacidade fisiológica das sementes à dessecação é variável entre as espécies (FONSECA; FREIRE, 2003). Roberts (1973) sugeriu uma classificação quanto ao comportamento fisiológico das sementes relacionado com a longevidade. Em sua classificação havia dois grupos de sementes: Ortodoxas e Recalcitrantes. Sementes ortodoxas compreendem sementes cuja vitalidade é inversamente proporcional à temperatura e ao grau de umidade durante o armazenamento. As sementes ortodoxas toleram baixos teores de água, valores de 2% a 5%, ou mesmo abaixo desses níveis sem danos a semente, podendo ser armazenadas por longos períodos (FONSECA; FREIRE, 2003; ROBERTS, 1973). O segundo grupo sugerido por Roberts (1973) é o das sementes recalcitrantes, cujo nome denota, de acordo com Peixoto (2006), obstinado, difícil de controlar, e são sementes que não sobrevivem a baixos níveis de umidade. Toleram dessecação a graus de umidade entre 15% e 20%.

Um terceiro grupo foi sugerido por Ellis et al., (1990), grupo denominado intermediário. Segundo Hong e Ellis (1996), sementes intermediárias toleram graus de umidade entre 7 a 10%.

2.4.3 Grau de maturidade

Apesar de várias espécies possuírem capacidade germinativa muito antes da maturidade fisiológica, os valores máximos de germinação, segundo Marcos Filho (2005), ocorrem bem próximos ou no momento do máximo acúmulo de matéria seca.

2.4.4 Dormência

A dormência é um mecanismo de sobrevivência da espécie (POPINIGIS, 1985) causada por algum bloqueio da semente ou da unidade de dispersão à germinação, sendo este bloqueio ao processo germinativo decorrente de alguma restrição interna (CARDOSO, 2004). A dormência pode ser de natureza primária ou secundária, sendo denominada, respectivamente, de dormência primária ou dormência secundária.

A dormência primária ocorre durante a fase de desenvolvimento e/ou maturação. Sementes com dormência primária são liberadas da planta mãe em estado dormente havendo necessidade de serem tratadas ou submetidas a condições específicas para que se tornem quiescentes, ou seja, capazes de iniciar e terminar o processo germinativo em um período relativamente curto quando em condições ambientais favoráveis (CARDOSO, 2004).

A dormência secundária instala-se em uma semente quiescente, após a dispersão, e ocorre quando o ambiente é desfavorável ou estressante para a germinação (CARDOSO, 2004).

Quanto ao tipo, a dormência de sementes pode ser classificada em endógena ou exógena. A dormência endógena está relacionada ao embrião ou tecidos extra-embriônicos. Segundo Cardoso (2004), a dormência endógena

pode ser de três tipos: fisiológica, a qual está relacionada à inibição entre o embrião e os tecidos adjacentes, devido provavelmente a inibidores químicos, à resistência dos envoltórios, ao fotoequilíbrio do fitocromo e ao balanço hormonal; morfológica, onde o embrião devido à influência de fatores do ambiente o embrião, continua em fase de crescimento lento após a dispersão, tornando-se subdesenvolvido; ou ainda morfofisiológica, a qual é uma dormência fisiológica em embrião com dormência morfológica, devido ao balanço de promotores e inibidores, mobilização de reservas ao embrião e inibidores químicos.

A dormência exógena está relacionada ao tegumento, endocarpo, pericarpo e/ou a órgãos extraflorais, os quais estão relacionados à impermeabilidade, ao efeito mecânico e/ou a substâncias inibidoras de tecidos. Segundo Cardoso (2004), a dormência exógena pode ser dividida em física, causada pela estrutura do envoltório, devido à resistência dos envoltórios à entrada de água e/ou gases; química, causada por inibidores químicos presentes na semente ou no fruto, inibindo assim a germinação; ou ainda mecânica, devido à estrutura lenhosa do endocarpo ou mesocarpo causando uma resistência mecânica e conseqüentemente impedindo que o embrião cresça.

Segundo Popinigis (1985), de acordo com o tipo de dormência há um método de superação adequado. A escarificação mecânica é realizada em sementes com envoltório rígido ou impermeável, onde há necessidade da retirada total ou parcial deste. Para tal procedimento são utilizados normalmente facas, estiletes, canivetes, lixas, areia dentre outros (ZAIDAN; BARBEDO, 2004). A escarificação química consiste em submergir as sementes no ácido sulfúrico por um determinado período, objetivando a quebra da impermeabilidade do envoltório. O tratamento em água quente consiste em submergir as sementes em água quente por um determinado período objetivando a quebra da impermeabilidade do envoltório. A lavagem em água corrente consiste no contato das sementes em água corrente por um determinado período de modo que substâncias inibidoras solúveis em água sejam removidas. A secagem prévia é realizada em algumas sementes que superam a dormência pós-colheita se

deixadas secar por um determinado período após a colheita (POPINIGIS, 1985). O Pré-Resfriamento é indicado para algumas sementes que superam a dormência se submetidas a baixa temperatura (POPINIGIS, 1985). A superação da dormência por meio da embebição em Nitrato de Potássio é realizada colocando as sementes para germinar sobre o substrato papel filtro saturado com uma solução de 0,2% de Nitrato de Potássio (POPINIGIS, 1985). A exposição à luz é indicada para sementes de um grande número de espécies florestais as quais podem apresentar um comportamento fotoblástico, onde a germinação é afetada pela exposição à luz (SOUZA; PEREIRA, 1992). As sementes, de acordo com sua resposta à presença de luz, podem ser classificadas em fotoblásticas positivas, nas quais as sementes respondem de forma favorável à presença de luz; fotoblásticas negativas, as quais a luz prejudica; e fotoblásticas neutras, também chamadas por alguns autores de não-fotoblásticas, as quais são indiferentes a luz. A excisão do embrião é indicada para facilitar sua germinação e evita interferência do envoltório. A excisão é realizada através de usos de produtos químicos para o amolecimento do envoltório. Após a retirada de todo o envoltório realiza-se a retirada do embrião, o qual é colocado em placa de petri para a germinação (POPINIGIS, 1985).

2.4.5 Sanidade

A sanidade, embora relacionada a com microrganismos, no entanto, segundo Marcos Filho (2005), o transporte de patógenos e a transmissão de doenças ocorrem devido a multiplicação sexuada, sendo considerada um fator intrínseco. Segundo o autor, a associação entre a semente e o agente causador da patologia se estabiliza durante o processo reprodutivo ou o desenvolvimento vegetativo.

2.4.6 Fatores genéticos da semente

Segundo Marcos Filho (2005), os processos fisiológicos da semente dependem das informações genéticas estabelecidas no momento da fecundação da oosfera.

A água, o oxigênio e a temperatura são os fatores ambientais que influem sobre o processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Vários autores incluem o fator luz como influente no processo, no entanto, a relação do processo germinativo com a luz esta na maioria dos casos relacionado com um tipo de dormência, não sendo considerado um fator imprescindível para que o processo ocorra em sementes não-dormentes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005; POPINIGIS, 1985).

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), ao se realizar a quebra de dormência em sementes sensíveis a luz, seja por ação da luz ou de outro agente, uma vez a dormência superada a semente germinará tanto no escuro como na luz, sendo independente desta para que a germinação ocorra.

Portanto, nesta revisão consideram-se como fatores do ambiente que influem no processo germinativo a água, o oxigênio e a temperatura.

2.4.7 Água

A água é o fator que exerce maior influência sobre o processo de germinação, influenciando desde a retomada do crescimento do embrião até o aumento do volume da semente promovendo com isso o rompimento do envoltório permitindo a emergência (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A disponibilidade hídrica esta diretamente relacionada com o processo de germinação e o estabelecimento das plantas em campo (PIANA et al., 1994).

2.4.7.1 Embebição

A embebição ocorre primeiramente com o tegumento (envoltório) absorvendo água a uma velocidade menor que o eixo embrionário e que o tecido de reserva. Após total reidratação do tegumento (envoltório), ele tem a função de transportar a água do meio para o interior da semente. A contínua e rápida absorção de água pelo eixo embrionário se deve ao alongamento e à origem de novas células. A absorção de água pelo tecido de reserva acontece a uma velocidade intermediária, ou seja, entre a velocidade do tegumento e do eixo embrionário, após a completa reidratação do tecido de reserva, este funciona como reservatório (POPINIGIS, 1985).

2.4.7.2 Velocidade de embebição

Segundo Popinigis (1985), a variação da velocidade de embebição esta relacionada com a espécie, devido às diferenças quanto ao volume do embrião e o eixo embrionário; com a permeabilidade do envoltório, devido principalmente a sua estrutura; com a disponibilidade de água, a qual propicia maior velocidade de embebição. Condição aeróbia: germinação precoce. Condição anaeróbica: o excesso de água é prejudicial à semente; com a temperatura, onde com o aumento da temperatura aumenta as atividades metabólicas gastando mais água e conseqüentemente aumenta a velocidade de embebição; pressão hidrostática, a qual é inversamente proporcional a velocidade de embebição. Devido à pressão que a membrana exerce sobre a água embebida aumentando a pressão desta para fora da semente; da área de contato semente/água, quanto maior for a superfície de contato entre a semente e a água maior a velocidade de embebição; forças intermoleculares, onde solutos e sais afetam a velocidade de germinação variando de acordo com a concentração e com a espécie; composição química, onde a velocidade aumenta de forma diretamente proporcional com a presença de proteína na semente. De acordo com a composição química encontrada nas sementes há uma variação na velocidade de embebição e devido à condição

fisiológica onde sementes imaturas e deterioradas apresentam membranas mais permeáveis o que facilita a absorção de água.

2.4.7.3 Relação água e semente

A entrada de água em uma semente ocorre por difusão, sendo que esta ocorre por meio de um gradiente de energia, do maior potencial, ou seja, do menos negativo, para o menor potencial ou mais negativo (MARCOS FILHO, 2005).

2.4.7.4 Relação semente e substrato

Sementes viáveis e não dormentes emergem mais rápido em teores elevados de água em condições aeróbias (POPINIGIS, 1985).

2.4.8 Oxigênio

Segundo Marcos Filho (2005), a relação da germinação com o fator oxigênio ainda não é totalmente conhecida. Embora existam algumas espécies que germinem praticamente na ausência completa de oxigênio, como é o caso do arroz, na maioria das espécies há necessidade da presença de oxigênio.

O ar apresenta composição média de 20% de oxigênio, 0,03% de gás carbônico e 80% de nitrogênio. Segundo Popinigis (1985), o teor de 20% de oxigênio na atmosfera é suficiente para o processo de germinação. Segundo Marcos Filho (2005), a maioria das espécies não exige concentrações superiores a 10% para que germinem.

A degradação das substâncias de reserva e conseqüentemente o fornecimento de energia para que ocorra o desenvolvimento do eixo embrionário se faz através da utilização do oxigênio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

No início da embebição, há dificuldade na absorção de oxigênio, devido à entrada contínua de água, formando-se uma camada ao redor da semente. Nesta

etapa, a energia necessária para o desenvolvimento do embrião é fornecida pela respiração anaeróbica. O álcool acumulado na semente resultante da respiração anaeróbica poderia fazer com que o processo germinativo fosse interrompido. No entanto, assim que a semente atinge determinado grau de hidratação torna-se possível a entrada de oxigênio na semente. O oxigênio é dissolvido em água e se difunde pelos tecidos resultando na respiração aeróbica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Marcos Filho (2005), o substrato em que a semente se encontra, seja este o solo ou qualquer outro se excessivamente úmido, limita a difusão do oxigênio podendo impedir o crescimento do embrião.

2.4.9 Temperatura

Segundo Marcos Filho (2005), a germinação ocorre sob limites amplos de temperatura desde que não exista outros fatores que a limitem. Os extremos dependem da espécie e de suas características genéticas, do ambiente durante a produção, do manejo e da sanidade das sementes.

Mesmo a germinação de uma determinada espécie ocorrendo em uma faixa ampla de temperatura, há sempre uma temperatura ótima (FERRAZ-GRANDE; TAKAKI, 2006). A temperatura ótima pode ser constante ou alternada, como geralmente ocorre na natureza, em que as temperaturas diurnas são mais altas e as noturnas menores. Segundo Marcos Filho (2005), os efeitos da alternância de temperatura provavelmente criam uma alteração no balanço entre promotores e inibidores da germinação.

A temperatura ótima é aquela que possibilita a máxima germinação em um menor período de tempo. Contudo a temperatura influencia tanto na percentagem, como na velocidade e na uniformidade da germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

Segundo Popinigis (1985), esta faixa de temperatura em que ocorre a germinação é caracterizada por três pontos críticos, sendo a temperatura mínima, abaixo da qual a semente não germina; a temperatura ótima, na qual ocorre o

máximo de germinação em um menor período de tempo; e a temperatura máxima, acima da qual a semente não germina. Segundo o autor tais temperaturas recebem o nome de temperaturas cardiais de germinação e variam ao longo do processo de germinação.

A temperatura está relacionada a alguns fatores como a velocidade de absorção de água, onde a diminuição da temperatura afeta a velocidade de embebição, sendo esta menor quanto menor for a temperatura. Contudo, uma menor velocidade de absorção provoca um decréscimo na velocidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005). Período de embebição, onde baixas temperaturas durante o período de embebição da semente reduzem a germinação das sementes (POPINIGIS, 1985). Reações bioquímicas presentes durante o processo de germinação e através das quais as substâncias de reservas são desdobradas, transportadas e resintetizadas no eixo embrionário, têm sua velocidade aumentada de acordo com o aumento da temperatura, até um certo limite (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Vigor das sementes, onde a faixa de temperatura que uma semente germina, é maior quanto maior for o vigor desta semente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

2.5 Teste de germinação

A realização de testes de germinação em laboratório é fundamental para que seja possível a comparação de resultados em diferentes regiões. Fatores como quantidade de água, temperatura, oxigênio assim como a ocorrência de agentes patogênicos são fatores que influenciam significativamente o processo. Segundo Ramos et al. (2006), conhecer as condições adequadas para a germinação de cada espécie é fundamental para minimizar a discrepância entre os resultados de diferentes trabalhos.

2.5.1 Importância do teste de germinação

O teste de germinação, realizado em laboratório, permite verificar a qualidade das sementes, sendo possível verificar a percentagem de sementes vivas e a capacidade dessas em produzir plantas normais sob condições favoráveis. A propagação e a produção de mudas estão diretamente relacionadas ao uso de sementes de qualidade (MARTINS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2008).

O teste de germinação é o mais tradicional para estimar a viabilidade das sementes, (MASETTO, 2005), embora os procedimentos de condução do teste para a maioria das espécies nativas ainda sejam escassos nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

2.6 Grupo ecológico

Através do conhecimento dos padrões sucessionais de diferentes espécies florestais, foi possível a classificação destas se baseando na divisão de estágios iniciais ou tardios na sucessão. Às exigências das diversas espécies quanto à luz para o seu desenvolvimento, é a principal característica de classificação quanto ao grupo sucessional (SANTOS et al., 2004).

Estudos mostram uma relação entre o grupo sucessional ao qual a espécie pertence e as características das sementes. Carvalho et al., (2006) afirmam existir uma estreita relação entre o comportamento das sementes no armazenamento e os grupos ecológicos aos quais as espécies pertencem. Segundo Ferreira et al. (2007), a sensibilidade das sementes tanto à luz quanto à temperatura está relacionado ao grupo ecológico ao qual a espécie pertence.

2.6.1 Tipos de grupo ecológico

Os termos utilizados para a classificação de espécies quanto aos grupos ecológicos são propostos por vários autores, variando de acordo com cada um

(SANTOS et al., 2004).

Budowski (1965) propõe uma divisão contendo o grupo das pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax. Para este autor, as espécies pioneiras e secundárias iniciais são encontradas em uma grande faixa de variação climática e edáfica. Tais espécies aparecem em florestas fechadas quando há o surgimento de clareiras. As secundárias tardias possuem como característica a deciduidade, inclusive em áreas de alta pluviosidade. As clímax são encontradas em habitats secos ou florestas decíduas.

Segundo Paula et al. (2004), em uma comunidade clímax ocorre uma mistura de espécies de diferentes grupos ecológicos, casos de endemismo nesta comunidade são frequentes, assim como o domínio de uma ou poucas espécies.

2.7 Fisiologia do crescimento e do desenvolvimento

2.7.1 Crescimento inicial: plântula e tirodendro

A fase vegetativa de uma planta, conhecida como plântula, tem enorme valor no estudo de dinâmica de populações, na silvicultura, no armazenamento de sementes, nos trabalhos de viveiros e na preservação e regeneração. A não adaptação da espécie no estágio de plântula pode levá-la à extinção (SOUZA, 2003).

O termo plântula e tirodendro serão adotados neste trabalho conforme Souza (2003), onde plântula é a primeira fase desde a germinação consumada até a formação completa do(s) primeiro(s) eofilo(s). É a fase seguinte, denominada tirodendro, compreende o final do desenvolvimento do eofilo na plântula até a formação do(s) primeiro(s) metafilo(s).

2.7.2 Estruturas da plântula e do tirodendro

Após a germinação das sementes, é necessário o desenvolvimento das estruturas vitais para que seja possível o estabelecimento da espécie vegetal no

campo.

A plântula já desenvolvida apresenta raiz primária, colo ou coleto (nem sempre visível), hipocótilo, epicótilo e eofilo(s). O tirodendro, por ser uma fase posterior a fase de plântula, além dessas estruturas, apresenta também o(s) metafilo(s) (SOUZA, 2003).

2.8 Produção de plântulas e tirodendros

Ao se realizar a semeadura no campo, principalmente de espécies florestais nativas, os resultados podem ser inferiores às estimativas fornecidas pelo laboratório (OLIVEIRA et al., 2008). As condições no campo são frequentemente desfavoráveis à germinação e à produção de mudas por estar diretamente exposto a condições ambientais. Uma forma de amenizar esses efeitos diretos do ambiente é a produção na forma de sementeira em casa de vegetação e em telado.

2.8.1 Produção em sementeiras

A semeadura em bandejas ou canteiros é uma alternativa em situações onde as sementes são muito pequenas ou excessivamente grandes, também recomendada quando a germinação é irregular (MACEDO, 1993).

2.8.2 Casa de vegetação e telado

Uma parte significativa da produção vegetal é produzida em casas de vegetação e telados. Segundo Beltrão et al. (2002) é possível a produção dos mais variados tipos de planta no interior das casas de vegetação e telados, com a vantagem de ambos protegerem as plantas, mesmo que parcialmente, contra agentes meteorológicos exteriores.

2.9 Morfologia de plântula e tirodendro

2.9.1 Importância do estudo morfológico

A morfologia da semente, da plântula e do tirodendro serve de subsídio para a produção de mudas e é fundamental para uma melhor compreensão do processo de estabelecimento da planta em condições naturais (GUERRA et al., 2006).

O conhecimento da morfologia da semente e das fases vegetativas logo após a germinação é de extrema importância para a análise de sementes em laboratório, na identificação e diferenciação de espécies, na taxonomia, na silvicultura, no reconhecimento da planta no campo e na preservação das espécies vegetais (ABREU et al., 2005; GUERRA et al., 2006).

2.10 Anatomia de plântula e tirodendro

2.10.1 Importância do estudo anatômico

Por meio da anatomia vegetal é possível conhecer a estrutura do vegetal, conhecimento essencial para a identificação e uso adequado das espécies.

Segundo Silva et al., (2005), o conhecimento da anatomia é fundamental na produção vegetal por auxiliar no entendimento do dinamismo da planta às condições impostas pelo manejo, além de fornecer informações sobre a resistência estrutural dos vegetais aos microrganismos e insetos, conhecimento sobre o qual pode inclusive minimizar o uso de agrotóxicos.

2.10.2 Testes histoquímicos

Por meio de testes histoquímicos é possível detectar substâncias existentes na parede celular, no citoplasma, no vacúolo, no núcleo e em organóides. Os testes são realizados utilizando corantes ou reagentes, os quais

através de mudanças de coloração ou outras reações visíveis ao microscópio fotônico indicam presença de determinadas substâncias (SOUZA et al., 2005).

A composição química das sementes, em termos quantitativos, é variável entre as espécies. Segundo Marcos Filho (2005), as principais substâncias de reserva armazenadas nas sementes são carboidratos, lipídios e proteínas. Dependendo do composto de reserva predominante, as sementes podem ser classificadas como amiláceas, oleaginosas ou protéicas respectivamente.

O estudo histoquímico em plântulas e tirodendros é um complemento da análise estrutural, auxilia na identificação e avaliação da qualidade, assim como na comercialização da espécie como droga vegetal (JUNIOR et al., 2005).

2.11 Padrão de venação

O padrão de venação pode ser observado realizando o processo de diafanização em folhas. A diafanização é um processo químico utilizado normalmente para órgãos laminares com a finalidade de estudar o padrão de nervação, a epiderme, além de outras diferenciações presentes (SOUZA et al., 2005).

2.12 Espécie em estudo: família, gênero e espécie

2.12.1 Família Clusiaceae

A família Clusiaceae Lindl., antiga Guttiferae, possui grande importância por apresentar espécies com características medicinais (LORENZI, 2002).

A família Clusiaceae engloba árvores, arbustos, lianas e ervas de interesse econômico pela produção de madeira, frutos comestíveis, derivados químicos de interesse farmacêutico (JUNIOR et al., 2005). A família Clusiaceae possui gêneros de grande interesse na fitoterapia, dentre os gêneros, destaca-se *Calophyllum* L., por suas características.

2.12.2 Gênero *Calophyllum* L.

O gênero *Calophyllum* possui importância química e farmacológica como destacam Júnior et al. (2005) e Noldin et al., (2006), além de produzir madeiras nobres. Dentre as espécies pertencentes ao gênero, *Calophyllum brasiliense* vem se destacando por possuir além da importância química e farmacológica, diversas utilidades, como na recuperação de áreas degradadas e o uso da madeira por apresentar excelente qualidade.

2.12.3 Espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Calophyllum brasiliense Cambess. é uma espécie nativa no Brasil e comumente conhecida como bálsamo-jacareúba em Mato Grosso do Sul; cedro-mangue e cedro-do-pântano, em Minas Gerais; guanandi-amarelo, no Espírito Santo; guanandi-carvalho e guanandi-poca, em Santa Catarina; guanandi-landim, jacarúba, olandi-carvalho, no Rio de Janeiro; guanandi-lombriga, no Paraná; guanandi-vermelho, guanantim, inglês, lantim, oanandí, oonandí e pau-de-maria, em São Paulo; guanandi-da-praia, guanandirana, gulanvin-carvalho, na Paraíba; jacareaba, jacareúba e landi-carvalho, na Bahia; jacareúba, no Amazonas e no Distrito Federal; lanfim, no Pará; dentre outros (CARVALHO, 1994). É uma planta arbórea de grande porte com altura variando entre 20 a 30 m, diâmetro entre 40 a 60 cm, madeira com densidade de $0,62 \text{ g cm}^{-3}$ (LORENZI, 2002).

2.13 Ocorrência natural

Calophyllum brasiliense pode ser encontrada tanto em floresta primária densa assim como em floresta secundária, em vários estágios de sucessão (BOTREL et al., 2006). A espécie pertence ao ecossistema mata ciliar, mata inundável (MELOTTO et al., 2009), sendo uma das poucas espécies encontradas nas florestas higrófilas, as quais apresentam distribuição restrita e comumente inundadas durante todo o ano. A espécie *Calophyllum brasiliense* é capaz de

crescer dentro d'água inclusive em áreas de mangue (LORENZI, 2002; MARQUES; JOLY, 2000; REIS et al., 2009). Marques et al. (2003), em um estudo sobre uma floresta higrófila destaca a preferência da espécie *Calophyllum brasiliense* ao solo encharcado.

Segundo Carvalho (1994), a espécie ocorre naturalmente desde a latitude 18° N (Porto Rico) a 28° 10' S (Brasil, em Santa Catarina). No Brasil, a espécie *Calophyllum brasiliense* ocorre tanto a 5 m, no litoral das Regiões Sul, Sudeste e Nordeste quanto a 1.200 m de altitude no Distrito Federal (CARVALHO, 1994).

A espécie *Calophyllum brasiliense* destaca-se pela plasticidade ecológica e pela preferência em se estabelecer em solos com alta saturação hídrica (SOUZA et al., 2007a), tais características fazem com que a espécie seja encontrada nesta diversidade de ambientes, incluindo florestas ciliares, ou seja, matas ciliares e matas de galeria.

Segundo Marques e Joly (2000), o sucesso adaptativo da espécie *Calophyllum brasiliense* em diferentes ambientes se deve principalmente à tolerância da espécie à anoxia e à dispersão por hidrocoria e chiropterocoria.

2.14 Grupo ecológico da espécie

A espécie *Calophyllum brasiliense* pertence ao grupo sucessional tardia ou clímax tolerante à sombra (MELOTTO et al., 2009; CARVALHO et al., 2006) contudo segundo Carvalho (1994), casos de formação pioneira da espécie podem ser encontrados, principalmente devido à influência fluvial.

2.15 Importância e usos da espécie

A espécie *Calophyllum brasiliense* possui potencial para grande produção de madeira e é considerada imputrescível, característica tal que a torna adequada para confecção de vigas, o uso naval, na construção civil e no paisagismo em geral. É utilizada como ornamental em parques e ao longo de estradas, indicada para recuperação de áreas degradadas e reposição de mata

ciliar em locais sujeitos a inundações periódicas de média a longa duração além de possuir substâncias importantes para uso medicinal - a casca e o látex são utilizados no tratamento de úlcera e diabetes. No uso veterinário, suas substâncias são utilizadas para o fortalecimento de tendões de animais (BOTREL et al., 2006; CARVALHO, 1994; FLORES, 2002; LORENZI, 2002; VASCONCELOS FLORESTAL, 2009). Segundo Flores (2002), a espécie possui características que permitem o uso em plantações de monocultura.

2.16 Comparação entre espécies florestais

A espécie *Calophyllum brasiliense* apresenta vantagens quando comparada com outras espécies florestais como *Tectona grandis*, *Swietenia macrophylla*, *Eucalyptus spp.* e *Pinus spp.*; comumente conhecidas como teca, mogno, espécies de eucalipto e espécies de pinus respectivamente.

A espécie em estudo se desenvolve bem em todos os estados brasileiros, sendo versátil a todos os tipos de solos e climas, o que é uma vantagem ao se comparar com a teca, a qual no Brasil se desenvolve bem apenas no estado do Mato Grosso (VASCONCELOS FLORESTAL, 2009). A capacidade que a espécie *Calophyllum brasiliense* apresenta em se desenvolver em locais com saturação hídrica não é apenas uma vantagem em relação à Teca, mas sim, em relação a várias outras espécies florestais (REIS et al., 2009).

Em todo o mundo, o mogno sofre ataques pela lagarta da mariposa *Hypsipyla grandela*, o que acarreta na destruição da gema apical do mogno. Tal fato torna-se um sério problema quando se pensa em monocultura. Assim, a espécie *Calophyllum brasiliense* torna-se uma alternativa quando se pensa em produção em larga escala uma vez que apresenta madeira de qualidade comparável ao mogno e não sofre sérios ataques como ocorre com o mogno (VASCONCELOS FLORESTAL, 2009).

Espécies de eucalipto e pinus são excelentes alternativas para extração de celulose, no entanto, quando o objetivo for madeira de qualidade, a espécie *Calophyllum brasiliense* torna-se a melhor alternativa.

2.17 Fruto e semente

A espécie apresenta floração em épocas variadas devido a sua ampla área de dispersão (NERY, 2006).

A espécie *Calophyllum brasiliense* possui frutos tipo drupa globosa, seu diâmetro varia de 1 cm a 2 cm, são indeiscentes, possuem cor verde-amarelada quando maduros, apresentando apenas uma semente em cada fruto (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2002; MARQUES; JOLY, 2000).

Os tecidos do fruto de *Calophyllum brasiliense* pode ser dividido em exocarpo, mesocarpo e endocarpo e as sementes são envolvidas por uma fina camada de tegumento (NERY et al., 2007b), características típicas de um fruto tipo drupa (COPELAND; McDONALD, 2001).

A semente de *Calophyllum brasiliense* é globosa, apresentando cor castanha e diâmetro variando de 14 mm a 22 mm (CARVALHO, 1994). Apresentam alto teor de umidade. Segundo Flores (2002), suas sementes apresentam grande quantidade de óleo, no entanto, segundo Nery et al. (2007b), o amido é a principal reserva da semente, as proteínas são tidas como fonte secundária de reserva seguida por um baixo conteúdo de açúcares.

2.18 Dispersão, colheita, beneficiamento e armazenamento

2.18.1 Dispersão

A unidade de dispersão da espécie *Calophyllum brasiliense* é todo o fruto (NERY et al., 2007b). Os frutos de *Calophyllum brasiliense* são dispersos principalmente pela água e por morcegos (Philostomidae) (MARQUES; JOLY, 2000).

2.18.2 Colheita

A coleta das sementes de *Calophyllum brasiliense* é realizada geralmente no chão. O beneficiamento normalmente ocorre por morcegos na natureza (CARVALHO, 1994).

2.18.3 Beneficiamento

Os frutos são despulpados manualmente obtendo diásporos com envoltório. O envoltório das sementes de *Calophyllum brasiliense* consiste no endocarpo e tegumento (NERY et al., 2007c).

2.18.4 Armazenamento

As sementes de *Calophyllum brasiliense* são recalcitrantes, portanto são sensíveis a dessecação, não podendo ser armazenadas por longos períodos (CARVALHO et al., 2006).

2.19 Tratamentos pré-germinativos

As sementes de *Calophyllum brasiliense* apresentam dormência física devido ao endocarpo rígido (CARVALHO, 1994; TORRES, 2008). Segundo Nery et al. (2007c), o endocarpo constitui um impedimento à absorção de água pela semente.

Visando uma germinação mais rápida e uniforme das sementes de *Calophyllum brasiliense*, tratamentos pré-germinativos tornam-se necessários, os quais consistem em reverter o efeito do envoltório no retardamento ou mesmo impedimento do processo germinativo.

Recomenda-se para a espécie, a realização da escarificação mecânica (CARVALHO, 1994) ou estratificação em areia, à sombra, por 60 dias (CARVALHO, 1994; DAVIDE et al., 1995).

Sementes despulpadas por morcegos não necessitam de tratamentos pré-germinativos, devido à remoção do envoltório pelos morcegos o que acelera a protusão da radícula (CARVALHO, 1994).

2.20 Germinação da espécie

As sementes de *Calophyllum brasiliense* não submetidas a algum tipo de tratamento visando superar o efeito do envoltório têm sua germinação prolongada por até seis meses. A germinação da espécie é irregular variando de 15 a 95% para sementes despulpadas, ou não, por morcegos (CARVALHO, 1994).

Pesquisas em laboratório indicam que embora a espécie *Calophyllum brasiliense* germine apresentando bons resultados de percentagem de germinação na faixa de 25 a 30°C e temperatura alternada de 20-30°C (FERREIRA et al., 2007), apresenta maior percentagem de germinação total, maior índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação a temperatura de 30°C, sendo considerada temperatura ótima por Nery et al. (2007c).

Nery et al. (2007a) relatam que *Calophyllum brasiliense* adapta-se bem às variações de sombreamento. Enquanto Ferreira et al. (2007) constataram que as sementes apresentam-se indiferentes à luz para que ocorra a germinação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção das sementes

As sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae), foram adquiridas através da comercialização pela empresa Vasconcelos Florestal. As sementes foram coletadas em abril de 2008, de povoamentos artificiais contendo árvores entre quatro a seis anos de idade, no município de Monte Alto, Estado de São Paulo. As sementes adquiridas apresentavam características semelhantes, sendo oriundas de uma população contendo somente árvores da espécie *C.*

brasiliense. As sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Sementes, localizado no Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Agricultura (NUPAGRI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, onde foram submetidas ao estudo.

As sementes apresentavam, no início do experimento, 25% de umidade média, a qual foi determinada pelo método de estufa à temperatura de $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, em estufa mecânica com circulação de ar forçado, com base na massa de água das sementes. Foram utilizadas quatro repetições de dez sementes cada, conforme as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

As sementes foram selecionadas e tratadas assepticamente. Utilizou-se para a realização da assepsia uma solução de alvejante comercial contendo hipoclorito de sódio a 2,0% durante dois minutos e lavadas em água destilada por cinco vezes.

Para a avaliação da germinação foram montados três experimentos, sendo estes desenvolvidos em laboratório, casa de vegetação e telado. Para o estudo do efeito do envoltório em cada experimento, as sementes de *C. brasiliense* foram submetidas a seis tratamentos, sendo cinco relacionados ao envoltório e um a testemunha não tratada.

3.2 Germinação das sementes

3.2.1 Tratamentos

3.2.1.1 Testemunha

Tratamento de controle composto por sementes apresentando o envoltório intacto, ou seja, como foram adquiridas comercialmente.

3.2.1.2 Escarificação mecânica

No tratamento de escarificação mecânica, as sementes em estudo foram submetidas a uma rachadura em seu envoltório. Para tal, foi utilizado um martelo de forma que o envoltório fosse rompido sem que houvesse quaisquer danos ao embrião.

3.2.1.3 Escarificação química por 15 min.

No tratamento de escarificação química, as sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado durante um período de 15 minutos. Para a realização desse procedimento utilizou-se um béquer e um bastão de vidro, sendo o procedimento realizado em uma capela.

3.2.1.4 Imersão em água quente – 48 h

O tratamento de imersão em água quente consistiu na imersão das sementes em água quente no ponto de fervura durante um minuto. Em seguida, as sementes foram imersas em água à temperatura ambiente por um período de 48 h.

3.2.1.5 Escarificação mecânica e água por 2 h

O tratamento de escarificação mecânica, seguido por duas horas de imersão em água, consistiu na realização da escarificação mecânica, conforme descrito no item 2.1.2, seguido da imersão das sementes em água, à temperatura ambiente, por um período de duas horas.

3.2.1.6 Retirada total do envoltório

Para o tratamento de retirada total do envoltório, adotou-se um procedimento similar a realização da escarificação mecânica, descrito no item 2.1.2. Contudo, após a rachadura, todo o envoltório das sementes foi retirado manualmente.

3.2.2 Experimento 1

O teste de germinação foi conduzido na ausência de luz em câmara para germinação da marca Tecnal[®] modelo TE-404, regulada à temperatura constante de 30°C, temperatura esta considerada ótima para germinação de sementes de *C. brasiliense* (FERREIRA et al., 2007; NERY et al., 2007b).

Como substrato foi utilizado papel-toalha do tipo germtest na forma de rolo umedecido com água destilada (2,5 vezes a massa do papel seco), seguindo as prescrições contidas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As observações foram realizadas diariamente, durante 90 dias. Foram consideradas sementes germinadas aquelas que apresentavam protusão da radícula e/ou da parte aérea igual ou superior a ± 2 mm. O experimento no laboratório foi conduzido utilizando o delineamento inteiramente casualizado, constituído de quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento.

3.2.3 Experimento 2

O teste de germinação em casa de vegetação não climatizada foi conduzido utilizando-se bandejas plásticas contendo areia grossa como substrato. Durante o teste de germinação em casa de vegetação foi observada temperatura mínima de 7°C e máxima de 44°C. Os tratamentos foram regados duas vezes ao dia, no início da manhã e no fim da tarde. As observações foram realizadas diariamente, durante 90 dias. Foram consideradas germinadas as sementes de *C. brasiliense* que produziram plântulas com todas as estruturas essenciais ao bom

desenvolvimento da muda no viveiro. Para a caracterização da plântula, utilizou-se o conceito proposto por Souza (2003), o qual estabelece que uma plântula bem desenvolvida deve apresentar as seguintes estruturas: raiz primária, colo ou coleto, hipocótilo, epicótilo e eófilos. O experimento na casa de vegetação foi instalado utilizando o delineamento inteiramente casualizado, constituído de quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento.

3.2.4 Experimento 3

O teste de germinação foi conduzido em telado. O telado consistia em uma estrutura totalmente coberta por plástico transparente, com as laterais livres, o que amenizava a temperatura. O teste de germinação em telado foi conduzido na forma de sementeiras, onde foram utilizadas quatro áreas de 1 m² cada, as quais corresponderam aos blocos do experimento. As sementes foram colocadas sobre o solo característico do local e cobertas com esterco de curral, com a finalidade de manter a umidade. Cada bloco foi regado duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde. As observações foram realizadas diariamente, durante 90 dias. Foram consideradas sementes germinadas aquelas que produziram plântulas conforme o descrito no item 2.3. O experimento no telado foi instalado no delineamento em blocos casualizados, constituído de quatro repetições e 25 sementes para cada tratamento em cada bloco.

3.2.5 Avaliação e análise dos dados

Nos experimentos executados, os tratamentos foram avaliados por meio da germinação (G) ou emergência (E), do índice de velocidade de germinação (IVG) ou índice de velocidade de emergência (IVE) e do tempo médio de germinação (TM) ou tempo de emergência (TM) das sementes de *C. brasiliense*. Para o cálculo do IVG e do tempo médio de germinação utilizaram-se os dados obtidos nos testes de germinação. A equação 1 foi empregada para o cálculo do total de germinação. A percentagem de emergência também foi calculada a partir

da equação 1, contudo considerando o número de plântulas emergidas. Para o cálculo do IVG foi empregada a equação de Maguire (1962), sugerida por Nakagawa (1999), conforme a equação 2. O IVE foi calculado também a partir da equação 2, contudo considerando o número de plântulas emergidas. O tempo médio de germinação foi calculado segundo a fórmula proposta por Santana e Ranal (2004), conforme a equação 3. O tempo de emergência também foi calculado com base na equação 3.

$$G = \frac{N_{sg}}{N_T} \cdot 100 \quad (1)$$

em que,

G = total de germinação, %;

N_{sg} = número de sementes germinadas;

N_T = número total de sementes.

$$IVG = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{t_i} \quad (2)$$

em que,

IVG = índice de velocidade de germinação;

t_i = tempo entre o início do experimento e a i -ésima observação, dias;

n_i = número não acumulado de sementes germinadas no tempo t_i .

$$t_m = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (3)$$

em que,

t_m = tempo médio de germinação, dias;

k = último dia de observação.

Os dados obtidos para o total de germinação, IVG ou IVE e tempo médio de germinação ou tempo médio de emergência, foram submetidos à análise de variância. As médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2006).

3.3 Morfoanatomia da plântula e tirodendro

As sementes da espécie foram coletadas em abril de 2008, de povoamentos artificiais contendo árvores entre quatro a seis anos de idade, no município de Monte Alto, Estado de São Paulo.

As plântulas e tirodendros foram obtidas em casa de vegetação, localizada no Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Agricultura (NUPAGRI), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá. A germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas e tirodendros ocorreram em bandejas plásticas contendo areia grossa como substrato, à temperatura mínima de 7°C e máxima de 44°C. As bandejas contendo a espécie em estudo foram regadas duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde.

As duas fases de desenvolvimento, a de plântula e de tirodendro, foram analisadas e descritas conforme Souza (2003), que considera plântula como a fase que abrange o vegetal, desde a germinação consumada da semente até a formação da primeira folha ou eofilo; a fase seguinte, denominada de tirodendro, estende-se até o momento em que aparece o primeiro metafilo. Foram descritos morfológicamente a raiz, hipocótilo, cotilédones, epicótilo, eofilos e metafilo, adotando-se a terminologia de Rizzini (1977), Souza (2003) e Souza et al. (2009). A classificação da plântula e do tirodendro foi baseada em Vogel (1980) e Garwood (1996).

A análise anatômica da plântula e do tirodendro foi feita em material fresco e material fixado em FAA 50, e armazenado em álcool 70% (JOHANSEN, 1940). O material fresco foi seccionado transversal, longitudinal e

paradermicamente, corado com Safranina e Azul de Astra, e montado em glicerina a 33% (SOUZA et al., 2005). O material botânico fixado foi submetido à desidratação em série alcoólica etílica, incluído em historresina Leica, conforme orientações especificadas no produto, e seccionado em micrótomo de rotação. As seções assim obtidas foram coradas com Azul de Toluidina (O'BRIEN et al., 1965).

Foram realizados testes histoquímicos para detectar diferentes substâncias em diferentes partes da plântula/tirodendro, utilizando-se corantes e reagentes específicos: lugol para amido, vapor de amônia para antocianina, floroglucinol em meio ácido para lignina, e Sudam IV para substâncias lipofílicas (JOHANSEN, 1940).

O estudo da venação em eofilo e metafile foi feita mediante técnica de diafanização de folhas coradas em solução alcoólica de safranina a 1% (FOSTER, 1950). A classificação do padrão de venação foi baseada em Hickey (1979).

As fases de desenvolvimento da plântula e do tirodendro da espécie foram ilustradas mediante fotografias digitais. A ilustração da plântula também foi feita em microscópio estereoscópico Leica EZ4D com câmera digital embutida, e posterior captação de imagem em computador.

A ilustração anatômica foi feita mediante fotomicrografias. Estas foram obtidas por captura de imagem por câmera digital Canon Power Shot A95 (Zoom Browser EX 4.6). As escalas referentes às ilustrações foram obtidas com lâmina micrométrica nas mesmas condições ópticas utilizadas para cada caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Germinação das sementes

4.1.1 Experimento 1

A Tabela 1 apresenta o resultado da análise de variância realizada para a germinação das sementes de *C. brasiliense*. Pode-se verificar que houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos avaliados.

Tabela 1. Análise de variância para a germinação em laboratório de sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	26742,00	5348,40	108,90*	<0,001
Resíduo	18	884,00	49,11		
Total	23	27626,00			
CV (%)	14,75				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

As médias dos tratamentos para a variável germinação das sementes foram comparadas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade, sendo os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias da porcentagem de germinação em laboratório para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	Germinação (%)
Testemunha	5,00 E
Escarificação mecânica	62,00 C
Escarificação química – 15 minutos	77,00 B
Imersão em água quente – 48 horas	5,00 E
Escarificação mecânica e água por 2 horas	92,00 A
Retirada total do envoltório	44,00 D

As médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Pode-se observar na Tabela 2 que não houve diferença significativa entre a testemunha e o tratamento de imersão em água quente por 48 h, os quais apresentaram os menores percentuais de germinação. Com base nos resultados obtidos, acredita-se que o baixo percentual germinativo atingido nesse último tratamento se deve ao fato da imersão em água quente ter sido insuficiente para que houvesse a ruptura do envoltório ou ter provocado danos ao embrião, comprometendo assim a germinação, apresentando, portanto, comportamento semelhante à testemunha. A ruptura do envoltório permitiria a absorção de água pela semente favorecendo o processo germinativo. Nery et al. (2007a), estudando sementes de *C.brasiliense* verificaram a necessidade da remoção do envoltório das sementes para que a embebição ocorresse, fato essencial para o processo germinativo.

Também, com base na Tabela 2, pode-se observar que para os tratamentos que induziram a ruptura do envoltório ou mesmo promoveram sua total retirada houve um aumento significativo na germinação das sementes. Segundo Marcos Filho (2005), os envoltórios regulam a velocidade de embebição das sementes, controlam as trocas gasosas, ocasionam dormência e

podem também impedir a deterioração das sementes, funcionando como uma barreira a entrada de microrganismos.

O aumento na germinação em sementes que tiveram o envoltório rompido ou mesmo totalmente retirado se deve ao aumento na absorção de água pela semente melhorando e facilitando o processo germinativo ou superando a dormência provocada pelo envoltório. A absorção de água pela semente é essencial para a retomada de atividades metabólicas após a maturidade, sendo fundamental para o processo germinativo (MARCOS FILHO, 2005). Tal resultado difere dos resultados encontrados por Nery et al. (2007b), no qual a presença do envoltório de sementes de *C. brasiliense* não apresentou diferença significativa na percentagem final de germinação, quando comparados a sementes sem o envoltório.

É possível observar na Tabela 2 que há diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos de escarificação mecânica, escarificação química, escarificação mecânica seguida por imersão em água por 2 horas e retirada total do envoltório. Acredita-se que tal diferença esteja relacionada ao comportamento diferenciado na absorção de água pela semente, mesmo havendo nestes tratamentos a ruptura do envoltório. Além da diferença na absorção, um outro fator que pode ter contribuído para a diferença significativa foi o nível de suscetibilidade da semente ao ataque de fungos e demais microrganismos, devido aos tratamentos aplicados.

Em laboratório, provavelmente, as sementes sem o envoltório não foram as que obtiveram maior germinação devido ao alto valor da umidade relativa no interior do germinador, além da maior presença de água nesta metodologia. O aumento da umidade também favorece a proliferação de fungos e microrganismos afetando diretamente sementes sem envoltório devido à suscetibilidade (Tabela 2).

O ácido sulfúrico age no envoltório das sementes removendo camadas mais externas como, por exemplo, a cutícula e camadas cuticulares ao longo de todo o envoltório, permitindo, assim, graus de permeabilidade mais homogêneos (SANTARÉM; ÁQUILA, 1995). Em contrapartida, na escarificação mecânica, o

envoltório é rompido apenas em uma pequena área, de modo a não danificar o embrião. Desta forma, em sementes escarificadas mecanicamente, apenas uma pequena área permite a entrada facilitada de água, enquanto sementes escarificadas quimicamente podem apresentar uma vantagem na absorção de água por apresentar uma escarificação mais uniforme ao longo de todo o envoltório, facilitando e uniformizando a absorção da água pela semente. Tal fato pode ser a explicação para o maior percentual germinativo em sementes escarificadas quimicamente, quando comparadas com sementes escarificadas mecanicamente (Tabela 2).

Por outro lado, ao submeter as sementes escarificadas mecanicamente ao contato imediato com água por um período de 2 h, o tratamento resultou em um maior percentual germinativo. As sementes de *C. brasiliense* são recalcitrantes, conforme atestam Carvalho et al. (2006); logo, as sementes apresentando-se sensíveis à dessecação, mostraram maiores percentuais de germinabilidade em contato imediato com água, após a escarificação, provavelmente pelo fato de tal procedimento ter mantido um elevado teor de água nas sementes e ter contribuído para uma absorção mais uniforme. O contato da água após a escarificação é uma alternativa para *C. brasiliense*, uma vez que após a escarificação a permanência das sementes em água, provavelmente mantendo alto o teor de água das sementes e uniformizando a absorção, resultou em um maior percentual de germinação (Tabela 2).

O resultado da análise de variância para o índice de velocidade de germinação, determinado em laboratório, é apresentado na Tabela 3. Verificou-se a presença de diferença significativa entre os tratamentos avaliados ($p < 0,05$). Desta forma, as médias para o índice de velocidade de germinação foram comparadas pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade, e os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3. Análise de variância para o índice de velocidade de germinação em laboratório de sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	1,58	0,32	60,2*	<0,001
Resíduo	18	0,09	0,01		
Total	23	1,68			
CV (%)	19,66				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 4. Médias do índice de velocidade de germinação em laboratório para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	IVG
Testemunha	0,04 D
Escarificação mecânica	0,45 C
Escarificação química – 15 minutos	0,58 B
Imersão em água quente – 48 horas	0,03 D
Escarificação mecânica e água por 2 horas	0,72 A
Retirada total do envoltório	0,39 C

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Em média, os resultados obtidos para o índice de velocidade de germinação não apresentaram diferença significativa entre sementes intactas (testemunha) e sementes que receberam o tratamento de imersão em água quente. A dificuldade de absorção da água pela semente, devido ao envoltório, provavelmente foi a responsável pelos menores valores de IVG encontrados nos tratamentos testemunha e imersão em água quente. Segundo Piana et al. (1994), a

falta de água retarda a germinação das sementes e a emergência das plântulas de cebola.

A escarificação mecânica e retirada total do envoltório não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). O baixo IVG encontrado em sementes submetidas à escarificação mecânica se deve a uma entrada de água em quantidade insuficiente, provocada pela pequena ruptura, afetando assim a velocidade de germinação. Por outro lado, ao se retirar totalmente o envoltório pode ter ocorrido uma embebição demasiadamente rápida de água provocando uma redução no período disponível para que as membranas celulares se reorganizem, havendo, então, liberação de solutos que agem como substratos para microrganismos (PIANA et al., 1994).

As sementes tratadas quimicamente diferiram significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos. A escarificação química possibilitou a entrada de água ao longo de todo o envoltório, o que influenciou positivamente a velocidade de germinação das sementes.

O melhor resultado obtido no índice de velocidade de germinação em laboratório para as sementes de *C. brasiliense* foi encontrado no tratamento de escarificação mecânica, seguido por permanência das sementes por 2 h em água, conforme apresentado na Tabela 4. Por se tratar de uma espécie recalcitrante, a permanência em água após a escarificação manteve um alto teor de água nas sementes e uniformizou a absorção, favorecendo a velocidade de germinação.

Na Tabela 5, é apresentado o resultado da análise de variância realizada para o tempo médio de germinação das sementes de *C. brasiliense*. Pode-se verificar que não foram observadas diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos avaliados.

Tabela 5. Análise de variância para o tempo médio de germinação em laboratório de sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	339,87	67,97	1,04 ^{ns}	0,425
Resíduo	18	1177,13	65,40		
Total	23	1517,00			
CV(%)	21,62				

^{ns} não-significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Embora a ruptura do envoltório tenha proporcionado um maior percentual de germinação, assim como um maior índice de velocidade de germinação, não mostrou diferença significativa entre os tratamento com ruptura ou sem ruptura do envoltório para o tempo médio de germinação. Segundo Ferreira e Borghetti (2004), o tempo médio de germinação está muitas vezes relacionado diretamente com a espécie, caracterizando as estratégias de cada espécie para se estabelecer no ambiente o mais rápido possível. Portanto, as sementes de *C. brasiliense* não apresentaram diferença significativa ao comparar os diferentes tratamentos relacionados ao envoltório das sementes (Tabela 5).

4.1.2 Experimento 2

Na Tabela 6, é apresentado o resultado da análise de variância para a variável emergência das plântulas de *C. brasiliense*, realizada em casa de vegetação. O estudo em casa de vegetação é de grande importância por ser um ambiente próximo ao viveiro e/ou campo; contudo, não há um contato direto com os fatores externos. Analisando os resultados, pode-se verificar a presença de diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados.

Tabela 6. Análise de variância da emergência das plântulas em casa de vegetação para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	21792,00	4358,40	59,80*	<0,001
Resíduo	18	1312,00	72,89		
Total	23	23104,00			
CV(%)	19,40				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

As médias dos tratamentos para a emergência das plântulas foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade, sendo os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Médias da percentagem de emergência em casa de vegetação das plântulas de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	Emergência (%)
Testemunha	6,00 D
Escarificação mecânica	33,00 C
Escarificação química – 15 minutos	69,00 B
Imersão em água quente – 48 horas	8,00 D
Escarificação mecânica e água por 2 horas	65,00 B
Retirada total do envoltório	83,00 A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Na casa de vegetação (Tabela 7), observa-se não haver diferença significativa entre a testemunha e o tratamento imersão em água quente. O não rompimento do envoltório provavelmente agiu dificultando a absorção de água pela semente. A absorção de água é primordial para o processo germinativo, portanto, o efeito do envoltório em tais tratamentos resultou no menor percentual acumulado de emergência das plântulas de *C. brasiliense*. O tratamento imersão em água quente pode ainda ter provocado dano ao embrião, afetando a emergência das plântulas.

Contudo, nos demais tratamentos houve um aumento significativo na percentagem de emergência. O aumento na percentagem de emergência das plântulas pode ser explicado devido à ruptura do envoltório, facilitando a absorção de água pela semente e resultando em um aumento no percentual germinativo. Os resultados indicaram que a permanência das sementes escarificadas mecanicamente em água melhorou significativamente o percentual de emergência. A água tem grande importância no processo germinativo, sendo considerada limitante para a percentagem, velocidade e uniformidade de germinação (MARCOS FILHO, 2005), muito embora o aumento da percentagem de germinação possa ser influenciado por outros fatores, como a entrada de oxigênio. Marcos Filho (2005) destaca a importância da água no processo germinativo, intensificando a velocidade respiratória, favorecendo as trocas gasosas e induzindo a síntese e atividades enzimáticas e hormonais.

A escarificação química e a escarificação mecânica seguida por 2 h de imersão em água não diferiram significativamente (Tabela 7). A não diferença entre esses tratamentos provavelmente pode ser relacionada à eficiência da escarificação química neste estudo, permitindo a suficiente absorção de água pela semente, de modo que tais resultados não diferissem. No entanto, a permanência do envoltório limitou a absorção de água provocando assim uma limitação na percentagem de emergência.

A retirada total do envoltório resultou em maior percentual de emergência; tal resultado se deve a facilidade da absorção de água pela semente de maneira uniforme, facilitando o processo germinativo. No experimento em

casa de vegetação, observa-se que a água percola pela areia, impedindo o seu acúmulo de modo a prejudicar a germinação e não favorece o ataque de microrganismos. Adicionalmente, diferente do experimento em laboratório, apresentando umidade de aproximadamente 100% favorecendo o ataque nas sementes por fungos e demais microrganismos, a casa de vegetação com o substrato areia e a retirada total do envoltório afetou favoravelmente a percentagem de emergência das plântulas. A areia faz com que a água percole com mais facilidade, favorecendo a absorção de água pela semente e não sendo propício ao desenvolvimento de fungos e microrganismos, como ocorre em ambientes com alta umidade.

O resultado da análise de variância para o índice de velocidade de emergência, determinado em casa de vegetação, encontra-se na Tabela 8. Verificou-se que existe uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados. Desta forma, as médias para o índice de velocidade de emergência foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade e os resultados encontram-se na Tabela 9.

Tabela 8. Análise de variância do índice de velocidade de emergência das plântulas em casa de vegetação para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	1,01	0,20	63,7*	<0,001
Resíduo	18	0,06	0,00		
Total	23	1,07			
CV (%)	18,69				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

Tabela 9. Médias do índice de velocidade de emergência em casa de vegetação das plântulas de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	IVE
Testemunha	0,04 D
Escarificação mecânica	0,24 C
Escarificação química – 15 minutos	0,45 B
Imersão em água quente – 48 horas	0,06 D
Escarificação mecânica e água por 2 horas	0,45 B
Retirada total do envoltório	0,58 A

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Verificou-se um comportamento similar entre os tratamentos quanto à percentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência em casa de vegetação. Na Tabela 9, os tratamentos relacionados com a ruptura do envoltório promoveram maiores índices de velocidade de emergência. Resultados similares aos obtidos neste trabalho foram encontrados por Nery et al. (2007b), que relataram, para *C. brasiliense*, valores superiores de IVG em sementes sem envoltório, constatando uma possível interferência do envoltório na embebição de água pela semente, o que retarda a germinação ou provoca dormência.

Na Tabela 10 é apresentado o resultado da análise de variância realizada para o tempo médio de emergência das plântulas de *C. brasiliense* em casa de vegetação. Pode-se verificar que não foram observadas diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos avaliados. Os tratamentos aplicados ao envoltório das sementes de *C. brasiliense* não interferiram no tempo médio de emergência provavelmente por se tratar de um mecanismo da espécie *C. brasiliense* para a sobrevivência.

Tabela 10. Análise de variância do tempo médio de emergência das plântulas em casa de vegetação para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Tratamentos	5	118,92	23,78	1,16 ^{ns}	0,3649
Resíduo	18	368,09	20,45		
Total	23	487,01			
CV(%)	11,81				

^{ns} não-significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

4.1.3 Experimento 3

Os resultados obtidos, nas condições deste experimento, mostraram o desenvolvimento da espécie submetida a condições bem próximas ao campo, contudo com proteção parcial pelo efeito da cobertura com plástico transparente, o que ameniza o efeito direto dos efeitos meteorológicos.

Na Tabela 11 é apresentado o resultado da análise de variância realizada para a emergência das plântulas de *C. brasiliense* no telado.

Tabela 11. Análise de variância da emergência das plântulas no telado para as sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Blocos	3	210,00	70,00	2,42 ^{ns}	0,1066
Tratamentos	5	22187,33	4437,46	153,37*	<0,001
Resíduo	15	434,00	28,93		
Total	23	22831,33			
CV(%)	12,56				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

^{ns} não-significativo

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 11, não foram observadas diferenças significativas entre os blocos empregados no delineamento experimental. Tal resultado se deve, provavelmente, à uniformidade da área onde foi conduzido o experimento. Contudo, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos analisados, sendo que as médias para percentagem de emergência foram comparadas pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12. Médias da percentagem de emergência no telado das plântulas de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	Emergência (%)
Testemunha	4,00 D
Escarificação mecânica	63,00 B
Escarificação química 15 minutos	74,00 A
Imersão em água quente – 48 horas	7,00 D
Escarificação mecânica e água por 2 horas	78,00 A
Retirada total do envoltório	31,00 C

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Com base nos resultados apresentados na Tabela 12, foi possível verificar maiores percentagens de emergência das plântulas em sementes submetidas aos tratamentos relacionados à ruptura do envoltório. Conforme descrito anteriormente, a ruptura favorece a absorção de água pelas sementes e, conseqüentemente, o processo germinativo. No entanto, sementes com retirada total do envoltório, apesar de mostrar resultados significativamente maiores de emergência, quando comparadas com sementes intactas ou mesmo sementes com imersão em água quente, apresentaram baixo percentual de emergência no telado. Este baixo percentual de emergência das plântulas pode ser explicado devido à capacidade do solo na retenção de água quando comparado com o substrato areia, provavelmente esta retenção provocou uma embebição demasiadamente rápida, afetando o processo germinativo, e o elevado teor de água favoreceu a proliferação de fungos e microrganismos, os quais afetaram principalmente as sementes sem envoltório devido à suscetibilidade destas.

A escarificação mecânica apresentou resultados significativamente melhores, quando comparados a sementes sem envoltório. Tal resultado se deve ao fato do envoltório ter funcionado como uma proteção ao embrião. Segundo

Santos et al. (2009), o envoltório das sementes funciona como proteção; nesse caso, a ausência de envoltório se torna um fator limitante.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 12, não houve diferença significativa entre a escarificação mecânica seguida por imersão das sementes por 2 horas em água e sementes escarificadas quimicamente. Ambos os tratamentos apresentaram o melhor percentual de emergência no telado, o que se deve à entrada de água suficiente, devido à ruptura do envoltório, de modo a favorecer o processo germinativo, em relação aos demais tratamentos. Ao mesmo tempo, a permanência do envoltório das sementes funcionou como proteção ao embrião, controle de saída de água na semente e possivelmente ao ataque de fungos e/ou predação.

O resultado da análise de variância para o índice de velocidade de emergência determinado em telado é apresentado na Tabela 13. Não foram observadas diferenças significativas entre os blocos empregados no delineamento experimental; tal fato se deve a uniformidade da área onde o experimento foi conduzido. Contudo, observou-se que existem diferenças significativas entre os tratamentos analisados, sendo que as médias para o índice de velocidade de emergência foram comparadas pelo teste t (LSD), em nível de 5% de probabilidade, conforme apresentado na Tabela 14.

Tabela 13. Análise de variância para o índice de velocidade de emergência no telado de sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Blocos	3	0,01	0,00	2,03 ^{ns}	0,1529
Tratamentos	5	0,95	0,19	150,96*	<0,001
Resíduo	15	0,02	0,00		
Total	23	0,97			
CV (%)	12,38				

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

^{ns} não-significativo

Tabela 14. Médias do índice de velocidade de emergência no telado das plântulas de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae)

Tratamentos	IVE
Testemunha	0,03 D
Escarificação mecânica	0,42 B
Escarificação química – 15 minutos	0,51 A
Imersão em água quente – 48 horas	0,05 D
Escarificação mecânica e água por 2 horas	0,50 A
Retirada total do envoltório	0,23 C

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste t (LSD), a 5% de probabilidade

Os resultados encontrados para o índice de velocidade de emergência no telado (Tabela 14) foram similares aos resultados de emergência nas mesmas condições (Tabela 12), ou seja, os tratamentos que apresentaram percentuais maiores de emergência, como foi o caso da escarificação química e da escarificação mecânica seguido por 2 h de imersão em água, também

apresentaram maiores índices de velocidade de emergência. A mesma relação pode ser observada para os tratamentos com baixo percentual de emergência, que foi o caso da testemunha e da imersão em água quente, os quais apresentaram baixos índices de velocidade de emergência das plântulas. Resultados semelhantes foram encontrados por Cardoso e Pereira (2008) em um estudo sobre o efeito do potencial hídrico na germinação de sementes de *Drymaria cordata*. Os autores observaram que, em tratamentos que afetaram a germinabilidade, também afetaram a velocidade de germinação, mostrando comportamentos semelhantes. A semelhança do comportamento entre o percentual total de emergência e o IVE está provavelmente relacionada a um mesmo fator limitante; no presente estudo, acredita-se que a água foi o fator limitante.

Na Tabela 15, é apresentado o resultado da análise de variância realizada para o tempo médio de emergência das plântulas de *C. brasiliense* em telado. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, não foram observadas diferenças significativas em nível de 5% de probabilidade entre os blocos empregados no delineamento experimental, nem mesmo entre os tratamentos avaliados. Acredita-se que o tempo médio de emergência das plântulas não foi significativo entre os tratamentos empregados por se tratar de um mecanismo de sobrevivência da espécie *C. brasiliense*.

Tabela 15. Análise de variância para o tempo médio de emergência das plântulas no telado de sementes de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) submetidas a diferentes tratamentos

FV	GL	SQ	QM	F	P-valor
Blocos	3	55,12	18,37	0,79 ^{ns}	0,5198
Tratamentos	5	123,78	24,76	1,06 ^{ns}	0,4201
Resíduo	15	350,29	23,35		
Total	23	529,19			
CV(%)	12,22				

^{ns} não-significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F

4.2 Morfoanatomia da plântula e tirodendro

4.2.1 Morfologia

A plântula (Figura 1) é criptocotiledonar e hipogéia. Apresenta raiz axial ramificada, hipocótilo muito reduzido, dois cotilédones de reserva, aclorofilados, peciolados e orbiculares, e epicótilo verde glabro com número variável de escamas. As folhas escamiformes, ou catafilos, são alternas a subopostas, sendo as proximais reduzidas e as distais mostram pequeno limbo verde. Na plântula ocorrem dois eofilos simples, opostos ou subopostos, verdes, peciolados, oblongos a lanceolados, de ápice retuso, arredondado ou agudo, base obtusa a cuneada, e com venação craspedódroma simples (Figura 2A). A fase de tirodendro (Figura 1) é muito curta, apresentando metafilo lanceolado com base e ápice agudos; a venação também é craspedódroma simples (Figura 2B).

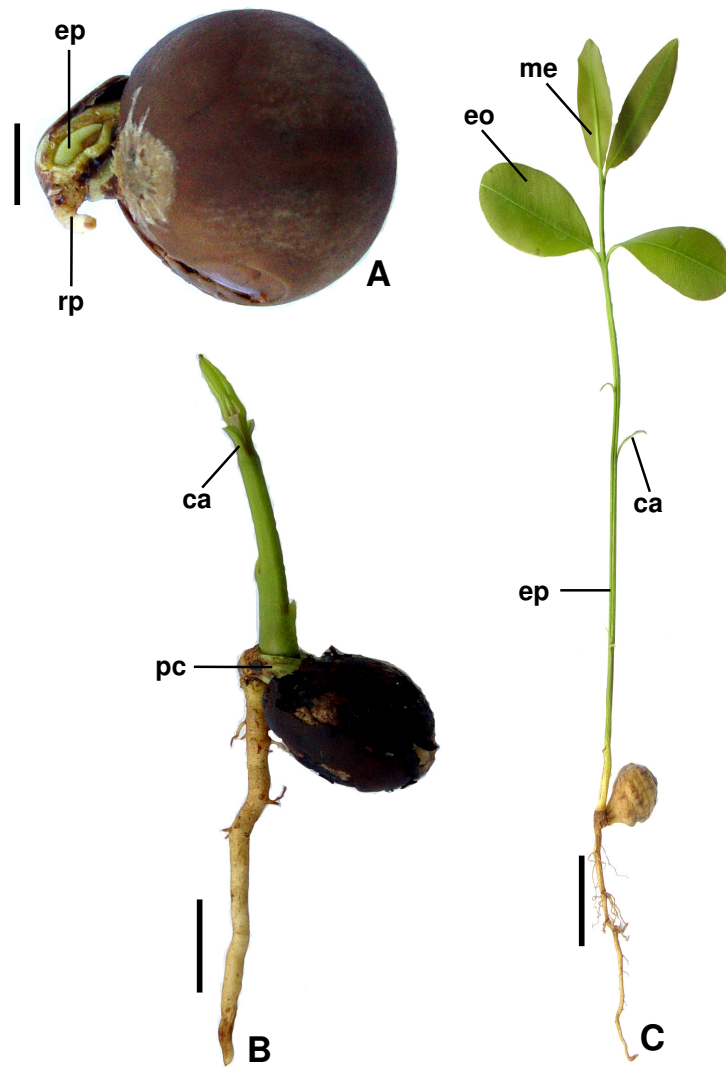


Figura 1. Morfologia da plântula de *Calophyllum brasiliense*. Figuras A, B – Plântulas. Figura C – Tirodendro (ca = catafilo; eo = eofilo; ep = epicótilo; me = metafilo; pc = pecíolo cotiledonar; rp = raiz primária). Escalas = 0,50 cm (A), 1 cm (B), 2 cm (C).

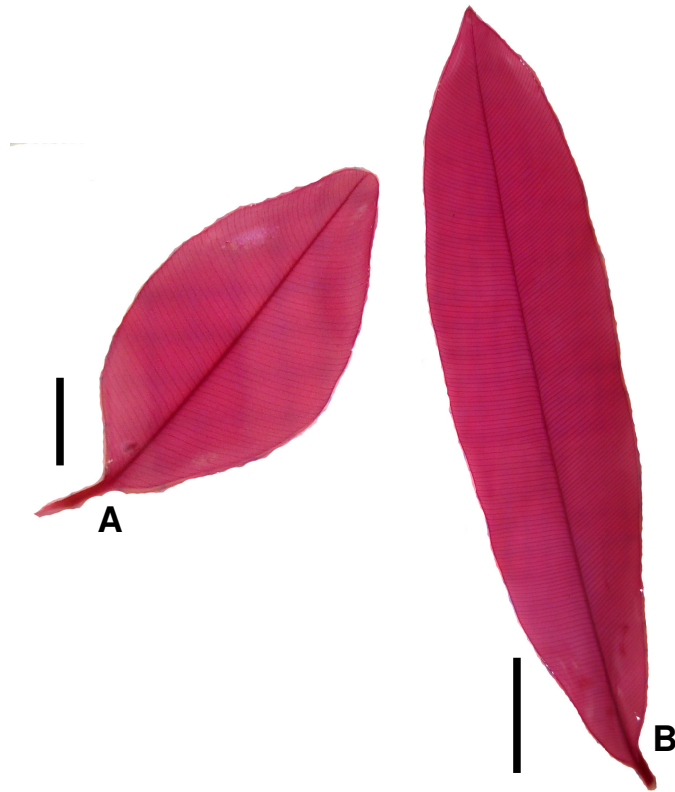


Figura 2. Eofilo e metafile de *Calophyllum brasiliense*, mostrando padrão de venação. Barras = 2 mm, 4 mm.

A plântula de *Calophyllum brasiliense* apresenta os caracteres morfológicos gerais registrados para a família (DUKE, 1969), como germinação cryptocotiledonar, cotilédones unilaterais e catafilos supracotiledonares. Com referência à morfologia de plântulas de espécies de Clusiaceae já investigadas, são registradas algumas diferenças consideradas relevantes, como plântula fanerocotiledonar, epigéia e com cotilédones foliáceos em *Vismia guianensis* (MOURÃO, 1997); cotilédones não desenvolvidos em *Garcinia parviflora* (HZN, 1972); e disposição oposta de catafilos em *Calophyllum inophyllum* (HZN, 1972), *Rheedia edulis* (Seem.) Triana y Planchon (AMO-RODRIGUES, 1979), *Mammea odorata* (VOGEL, 1980) e *Platonia insignis* (MOURÃO; BELTRATI, 1995).

A venação de eofilos do tipo pinado camptódromo broquidódromo parece ser comum nas espécies de diferentes famílias (SOUZA et al., 2009), inclusive nas espécies de Clusiaceae estudadas, como *Mammea americana*, *Platonia insignis* e *Vismia guianensis* (MOURÃO; BELTRATI, 1995; MOURÃO, 1997). Todavia, no caso de *Calophyllum brasiliense*, a venação é pinada craspedódroma simples.

A plântula de *Calophyllum brasiliense* se enquadra no tipo *Horsfieldia*, subtipo *Horsfieldia*, conforme classificação de Vogel (1980), considerado pelo autor como um tipo comum entre as dicotiledôneas lenhosas tropicais. Na classificação de Garwood (1996), a plântula da espécie em questão pode se enquadrar no tipo CHR (Cryptocotylar, Hypogeal, Reserve storage).

4.2.2 Anatomia

A raiz em crescimento primário (Figura 3A e B) apresenta epiderme irregular, com células de paredes delgadas e pelos unicelulares; córtex com exoderme uni ou bisseriada de células de paredes suberificadas, tecido parenquimático frouxo com canais secretores, e endoderme com estrias de Caspary; e cilindro central com periciclo parenquimático unisseriado, cordões de floema alternando com igual número de xilema provido de seis a dez polos protoxilemáticos (raiz poliarca) e medula parenquimática. A variação do número de polos de protoxilema varia ao longo da raiz primária. A raiz em crescimento secundário (Figura 3C e D), que é reduzido na fase de plântula e tirodendro, apresenta câmbio, xilema e floema secundários e periderme de origem pericíclica. A epiderme e o córtex (Figura 3C e D) se mantêm durante o crescimento secundário mediante divisões anticlinais e alongamento tangencial das células; a medula parenquimática mostra, nesta fase, células com paredes secundárias pouco espessas e pontoações simples. O crescimento secundário é semelhante ao tipo verificado para a maioria das raízes de dicotiledôneas, com o câmbio de origem procambial e pericíclica, e o felogênio que também se origina do periciclo.

A condição poliarca da raiz primária, verificada em *Calophyllum brasiliense*, difere da condição triarca ou tetraarca registrada para a raiz de *Vismia guianensis* (DOMINGUES et al., 1998) e do padrão comum de raízes primárias de plântulas que é diarco ou triarco (EAMES, 1961; DUKE, 1969). A variação do número de polos de protoxilema pode ocorrer entre espécies (EAMES; MacDANIELS, 1953) e ao longo da raiz primária de uma plântula (SOUZA, 2009).

As raízes adventícias de monocotiledôneas geralmente são poliarcas, mas existe correlação entre o diâmetro do cilindro vascular e o número de grupos de protoxilema e a presença ou ausência de medula (FAHN, 1990). No caso de *Calophyllum brasiliense*, a condição poliarca e a presença de medula se devem, provavelmente, ao maior diâmetro da raiz primária. Raízes primárias poliarcas também foram registradas em espécies de Bignoniaceae (SOUZA et al., 2007b; SOUZA, 2009).

Nas proximidades do nó cotiledonar ocorre a zona de transição raiz-caule, que é muito reduzida. Nesta região, os elementos traqueais de cada cordão de xilema primário se afastam e se distribuem na periferia da medula parenquimática (Figura 4A). A passagem da condição exarca do xilema primário da raiz para a endarca do caule é muito rápida, e ocorre no nó cotiledonar.

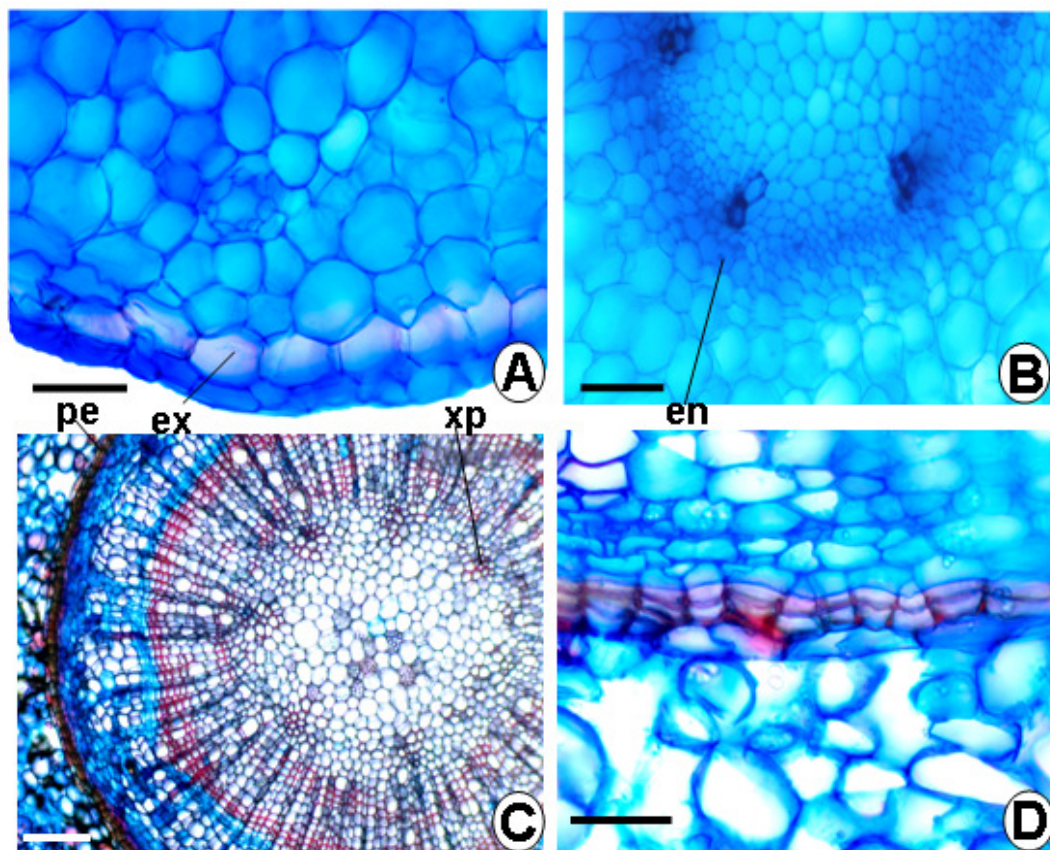


Figura 3. Estrutura da raiz de *Calophyllum brasiliense*, em seções transversais. Figuras A, B – Raiz em estrutura primária, mostrando epiderme/córtex e córtex/cilindro central. Figuras C, D – Raiz em estrutura secundária, em vista geral e mostrando detalhe da região onde ocorre periderme (en = endoderme; ex = exoderme; pe = periderme; xp = xilema primário). Barras = 50 μm (A, B, D), 150 μm (C).

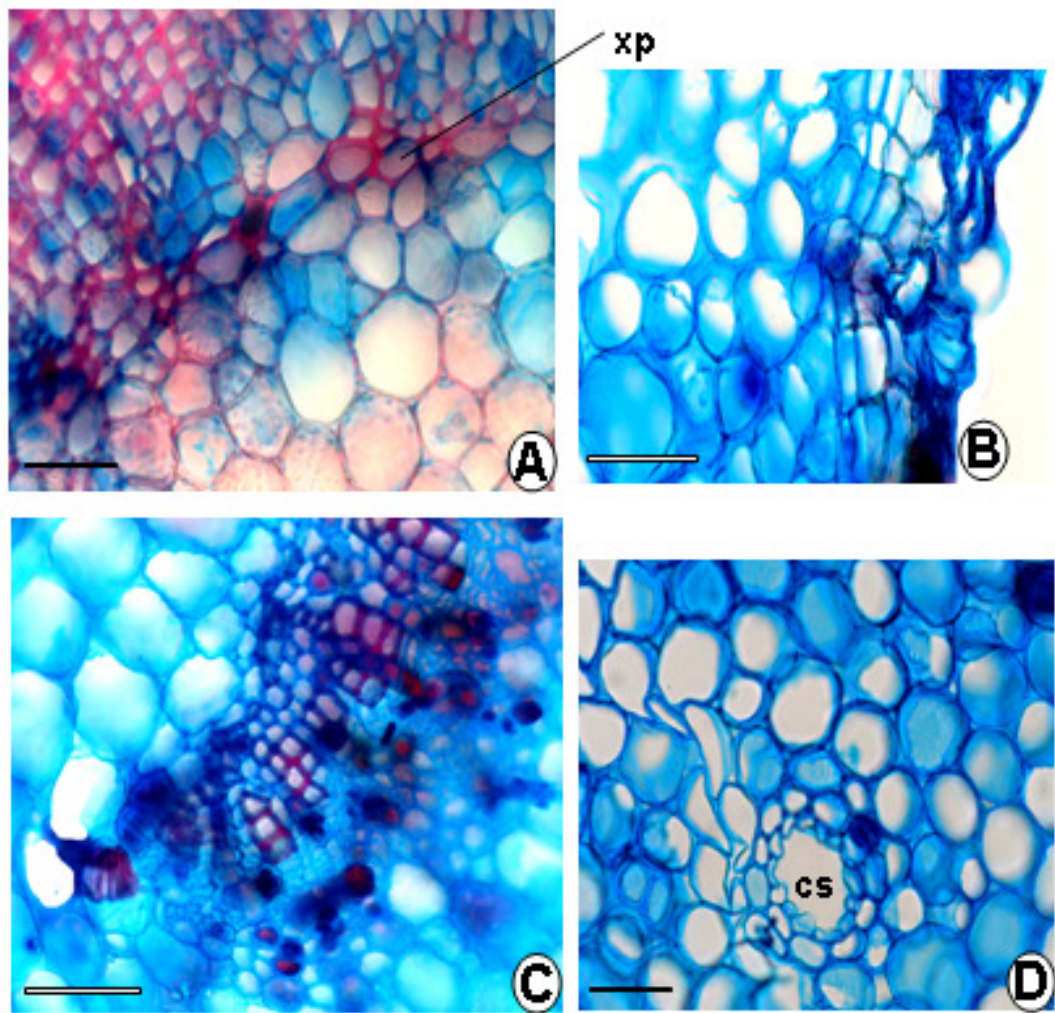


Figura 4. Estrutura do hipocótilo (região de transição raiz-caule) e do cotilédone de *Calophyllum brasiliense*, em seções transversais. Figura A – Hipocótilo mostrando xilema primário e secundário, e medula. Figura B – Região adaxial do pecíolo cotiledonar com periderme. Figura C – Feixe vascular do cotilédone. Figura D – Mesofilo cotiledonar (cs = canal secretor; xp = xilema primário). Barras = 50 µm.

Os cotilédones apresentam pecíolo com epiderme unisseriada provida de cutícula e camada cuticular espessa lipofílica. Pode ocorrer periderme (Figura 4B) em determinadas regiões das faces adaxial e abaxial do pecíolo, de origem subepidérmica. O pecíolo apresenta, ainda, parênquima e um único feixe central colateral, com câmbio e reduzida quantidade de tecido vascular secundário (Figura 4C). O limbo cotiledonar é espesso, com reserva amilácea e oleaginosa, e apresenta epiderme unisseriada, glabra, com cutícula e camada cuticular semelhantes às do pecíolo; as células epidérmicas variam de cubóides a prismáticas curtas. O mesofilo (Figura 4D) é homogêneo, com células mais ou menos isodiamétricas, podendo ocorrer células mais alongadas subepidêrmicamente; no mesofilo ocorrem canais secretores em grande número e idioblastos com drusas.

O epicótilo possui epiderme unisseriada, glabra, com cutícula e camada subcuticular espessa (Figura 5A e B). O córtex é parenquimático, com canais secretores (Figura 5B); não se evidencia endoderme com estrias de Caspary nem amilífera. O cilindro central (Figura 5A) apresenta na periferia grupos de fibras não lignificadas, floema primário e escasso secundário, câmbio, reduzida quantidade de xilema secundário, e xilema primário. Há medula de natureza parenquimática com canais secretores.

O epicótilo de *Calophyllum brasiliense* apresenta estrutura caulinar semelhante ao registrado por Metcalfe e Chalk (1957) para caule jovem de espécies de Clusiaceae. Não foram observadas, entretanto, células esclerificadas no córtex, caráter comum na família, como indicado pelos autores; talvez esta ausência se deva à fase de desenvolvimento ainda pouco avançada do epicótilo.

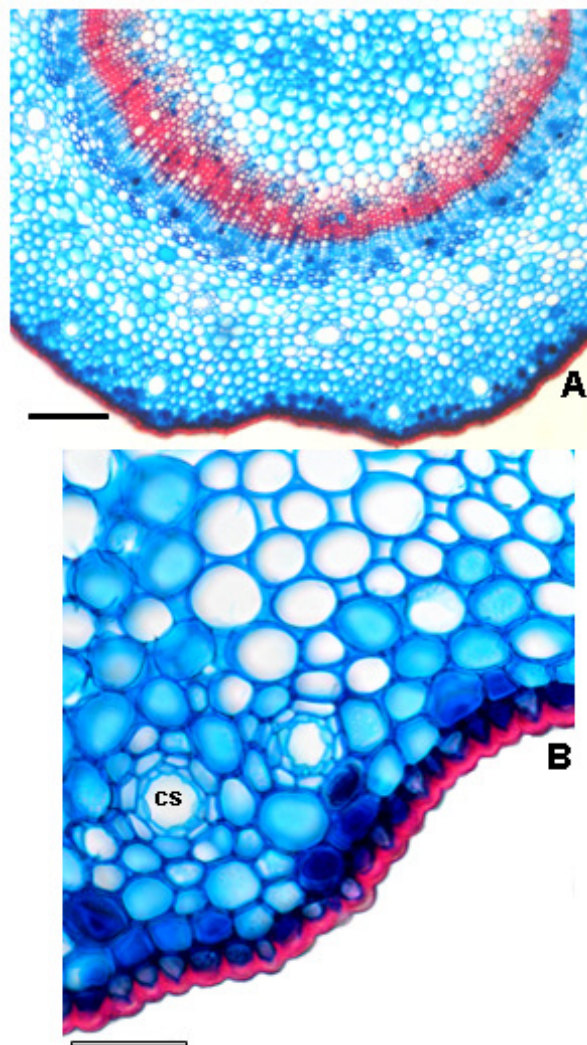


Figura 5. Estrutura do epicótilo de *Calophyllum brasiliense*, em seção transversal. Figura A – Vista geral. Figura B – Detalhe da epiderme e córtex (cs = canal secretor). Barras = 150 μ m (A), 50 μ m (B).

Os eofilos possuem pecíolo com epiderme unisseriada, glabra, com cutícula e camada cuticular espessa. Sob a epiderme ocorrem colênquima e parênquima, ambos com canais secretores. Ao longo de todo o pecíolo há apenas um feixe vascular colateral sob forma de U. Na região distal, lateral e adaxial há expansão laminar vascularizada constituída de tecido colenquimatoso com canais secretores. A lâmina foliar apresenta na nervura central epiderme, colênquima em pequena quantidade em ambas as faces, parênquima, canais secretores e um único feixe vascular colateral, também sob forma de U (Figura 6C). O limbo é hipostomático, glabro, com células epidérmicas ordinárias de paredes anticlinais sinuosas na face adaxial (Figura 6A) e levemente sinuosas na face abaxial (Figura 6B); os estômatos são paracíticos. Os eofilos são dorsiventrais (Figura 6D) com dois estratos de parênquima paliçádico e parênquima esponjoso; no mesofilo ocorrem células com drusas e canais secretores. O bordo apresenta esclerênquima e canal secretor. As nervuras de pequeno porte, imersas no mesofilo (Figura 6D), apresentam bainha do feixe (endoderme), com extensão, de natureza parenquimática ou esclerenquimática.

O pecíolo do metafile mostra semelhança com o do eofilo, exceto pela presença de tricomas, periderme em ambas as faces (principalmente na base e na face adaxial), idioblastos com drusas, e primórdios de fibras na face floemática. Com referência ao limbo, a epiderme possui células com paredes anticlinais cuja sinuosidade não difere nas duas faces, e estômatos paracíticos (Figura 7A e B); o metafile também é dorsiventral, mas apresenta uma única camada de parênquima paliçádico (Figura 7C). O bordo (Figura 7D) é semelhante ao do eofilo. Na nervura central do metafile (Figura 7E) há maior quantidade de colênquima, principalmente na superfície adaxial, o feixe vascular possui formato de V e há apenas algumas células esclerenquimáticas diferenciadas na face floemática.

Os eofilos e o primeiro metafile de *Calophyllum brasiliense* possuem caracteres, como folhas dorsiventrais, estômatos paracíticos, cristais de oxalato de cálcio e canais secretores, que são indicados para o nomofilo de Clusiaceae (METCALFE; CHALK, 1957). Todavia, os estômatos paracíticos encontrados neste trabalho diferem do formato anomocítico encontrado por Mundo e Duarte

(2008) e Gasparotto-Júnior et al. (2005), além disso, hipoderme uni ou plurisseriada na superfície adaxial da lâmina, que é registrada especialmente para o gênero, não foi observada em *Calophyllum brasiliense*.

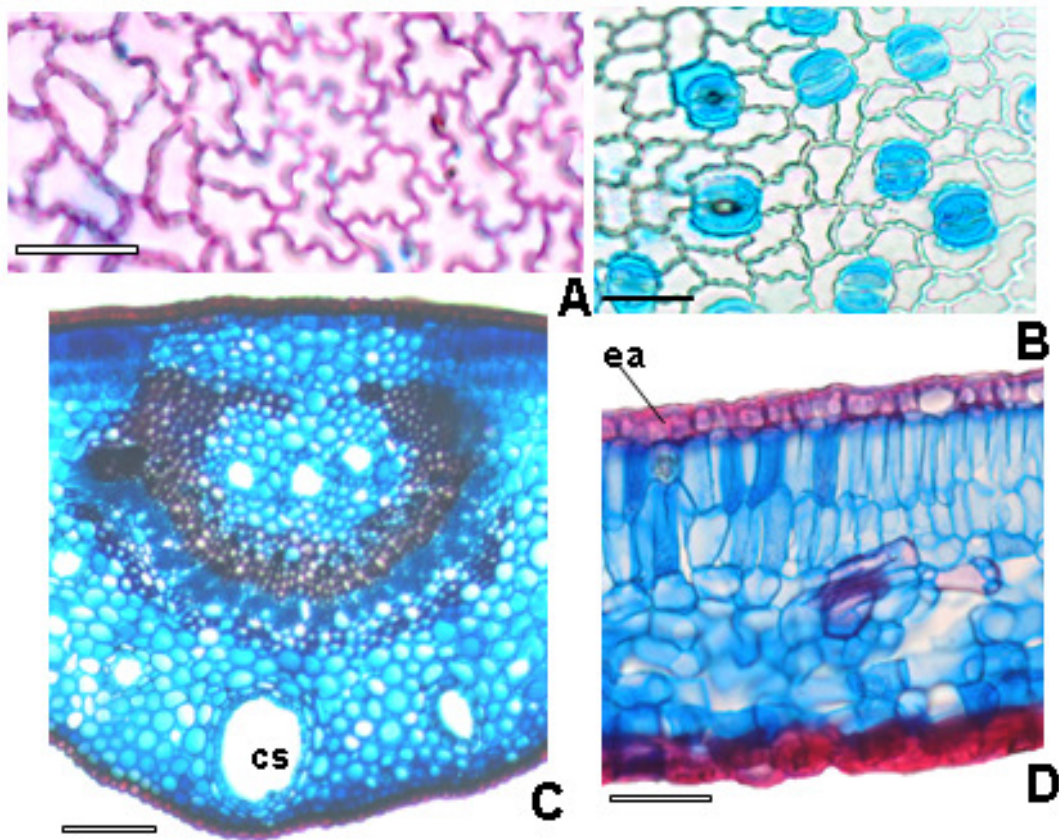


Figura 6. Estrutura do eofilo de *Calophyllum brasiliense*, em seções paradérmicas (A, B) e transversais (C, D). Figuras A, B – Epiderme em vista frontal das faces adaxial e abaxial. Figura C – Nervura central da região basal do limbo. Figura D – Região internervural (cs = canal secretor; ea = epiderme da face adaxial). Barras = 30 μ m (A, B), 50 μ m (C), 100 μ m (D).

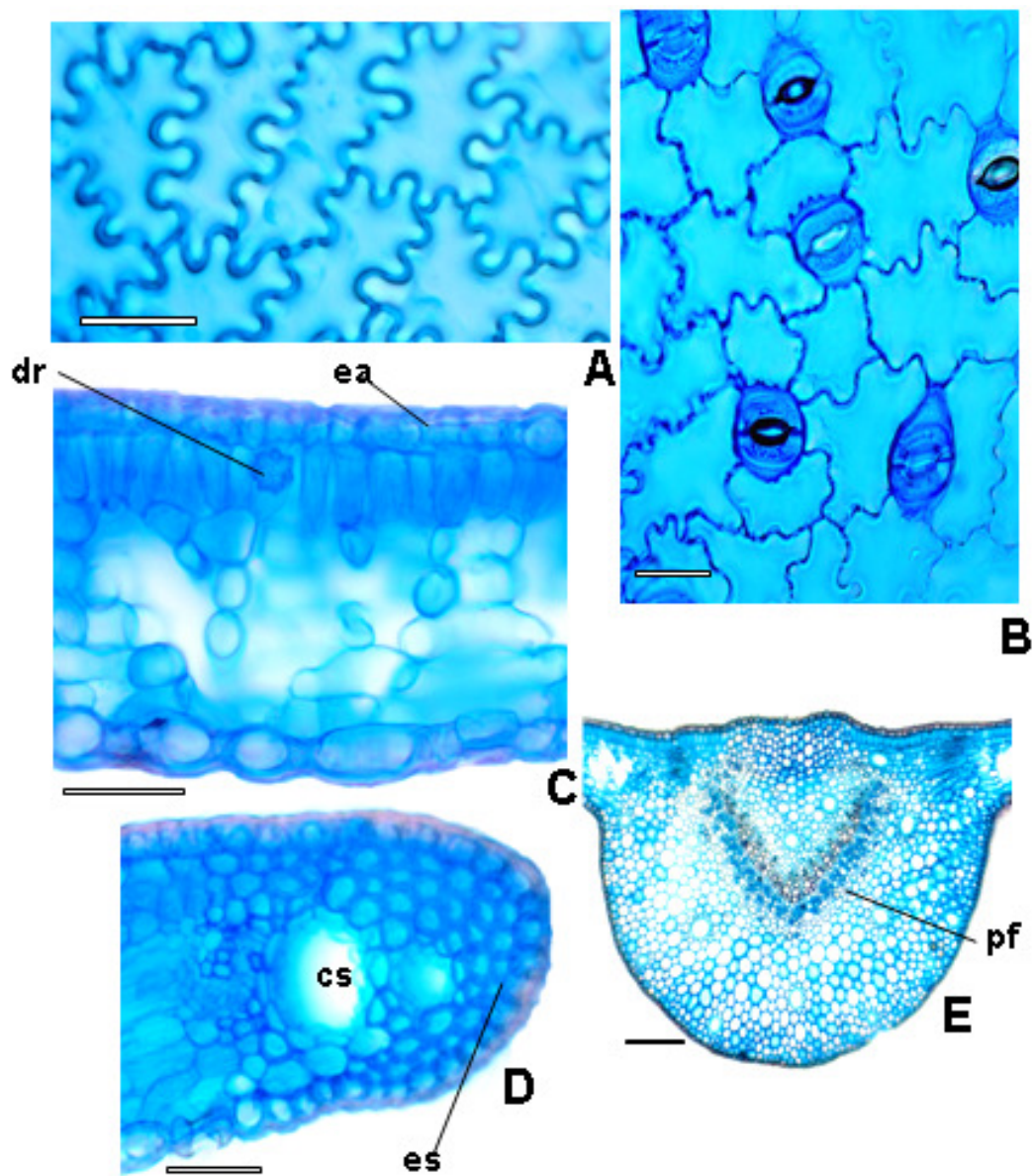


Figura 7. Estrutura do metafilo de *Calophyllum brasiliense*, em seções paradérmicas (A, B) e transversais (C-E). Figuras A, B – Epiderme em vista frontal das faces adaxial e abaxial. Figura C – Região internervural. Figura D – Bordo. Figura E – Nervura central (cs = canal secretor; dr = drusa; ea = epiderme da face adaxial; es = esclerênquima; pf = primórdios de fibras). Barras = 30 μ m (A, B), 40 μ m (D), 50 μ m (C), 150 μ m (E).

5 CONCLUSÕES

Verificou-se neste trabalho que o envoltório das sementes de *Calophyllum brasiliense* interfere no processo germinativo, promovendo dormência.

A germinação em laboratório, emergência em casa de vegetação e em telado, nas condições deste trabalho, apresentam comportamento similar entre o total de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG) para os tratamentos considerados. No laboratório, o tratamento escarificação mecânica seguido por 2 horas de imersão em água apresenta melhores resultados a partir da avaliação do total de germinação e do IVG. Na casa de vegetação, a retirada total do envoltório apresenta os melhores resultados. No telado, a escarificação mecânica seguida por 2 horas de imersão em água e a escarificação química apresentam os melhores resultados. A variável tempo médio de germinação ou emergência não apresenta diferença significativa nos três experimentos avaliados.

A plântula e/ou tirodendro é criptocotiledonar e hipogéia, possui catafilos, e apresenta eofilos e metafilos simples de venação pinada craspedódroma simples. A raiz é poliarca, o hipocótilo é muito reduzido, os cotilédones possuem reserva amilácea e oleaginosa, o epicótilo tem natureza caulinar, e os eofilos e metafilo são dorsiventrais. A plântula enquadra-se no tipo e subtipo *Horsfieldia*.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. C. A. de; KUNIYOSHI, Y. S.; MEDEIROS, A. C. de S.; NOGUEIRA, A. C. Caracterização morfológica de frutos e sementes de Cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. - Winteraceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 67-74, 2005.

AMO-RODRIGUES, S. Clave para plântulas y estados juveniles de espécies primarias de uma selva alta perennifolia em Veracruz, México. **Biótica**, Xalapa, v. 42, p. 59-108, 1979.

BELTRÃO, N. E. de M.; FIDELES FILHO, J.; FIGUEIRÊDO, I. C. de M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 547-552, 2002.

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

BORTOLINI, M. F. **Produção de mudas de *Gleditschia amorphoides* Taub. E *Cupania vernalis* Camb.** 2009. 150 p. Dissertação (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BOTREL, M. C. G.; SOUZA, A. M. de; CARVALHO, D. de; PINTO, S. I. Do C.; MOURA, M. C. de O; ESTOPA, R. A. Caracterização genética de *Calophyllum brasiliense* Camb. em duas populações de mata ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 821-827, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária** – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain: forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, Costa Rica, v. 15, p. 40-42, 1965.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: Estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, 2004. Capítulo 5, p. 95-108.

CARDOSO, V. J. M.; PEREIRA, F. J. M. Germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. Ex Roem & Schult.: efeito do potencial hídrico. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 31, n.2, p. 253-261, 2008.

CARVALHO, L. R. de; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 2, p. 15-25, 2006.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa/CNPQ; Brasília: Embrapa/SPI, 1994. 640 p.

COPELAND, L. O.; McDONALD, M. B. **Principles of Seed Science and Technology**. 4 ed. EUA, Kluwer Academic Publishers, 2001. 467 p.

CORVELLO, W. B. V.; VILLELA, F. A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S. T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 21, n. 2, p. 23-27, 1999.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG / Lavras: UFLA, 1995. 41 p.

DOMINGUES, L.; SGUAREZI, C. N.; MOURÃO, K. S. M. Aspectos da germinação e anatomia da plântula de *Vismia guianensis* (Aub.) Choisy (Clusiaceae Lindley). Salvador, **XLIX Congresso Nacional de Botânica**, 1998.

DUKE, J. A. On tropical tree seedlings I. Seeds, seedlings, system, and systematics. **Annals of Missouri Botanical Garden**, Missouri, v. 56, p. 125-161, 1969.

EAMES, A. J. **Morphology of angiosperms**. New York: McGraw-Hill, 1961.

EAMES, A. J.; MacDANIELS, L. H. **An introduction to plant anatomy**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1953. 427 p.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D. ROBERTS, H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental of Botany**, London, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

FAHN, A. **Plant anatomy**. Oxford: Pergamon Press, 1990. 588 p.

FERRAZ-GRANDE, F. G. A.; TAKAKI, M. Efeitos da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia Peltophoroides* Benth. (Caesalpinioideae). **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 37-42, 2006.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERREIRA, C. A. da R.; FIGLIOLIA, M. B.; ROBERTO, L. P. da C. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Calophyllum brasiliensis* Camb. **Instituto Florestal e IF Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 173-178, 2007.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 4.0**, Sisvar. Lavras-MG, 2006.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 2002. p. 353-356. (Agriculture Handbook, 721).

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

FOSTER, A. S. Techniques for the study of venation patterns on the leaves of angiosperms. **Proceedings of the Seventh International Botanical Congress, Stockholm**, p. 586-587, 1950.

GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (ed.) **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: Unesco e The Parthenon Publishing Group, 1996. Capítulo 3, p. 59-129.

GASPAROTTO JÚNIOR, A.; BREZAN, M. A.; PILOTO, I. C.; CORTEZ, D. A. G.; NAKAMURA, C. V.; DIAS FILHO, B. P.; RODRIGUES FILHO, E.; FERREIRA, A. G. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade moluscicida do *Calophyllum brasiliensis* Camb. (Clusiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n.4, p. 575-578, 2005.

GUERRA, M. E. de C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifeera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.

HICKEY, L. J. A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. In: METCALFE, C. R.; CHALK, L. (eds.) **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, 1979. Capítulo 4, p. 25-39.

HIRANO, E.; POSSAMAI, E. Estádio de maturação do fruto e germinação de sementes de três espécies de Lauraceae. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 219-223, 2008.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p. (Technical Bulletin, I).

HZN, D. B. **Seedlings of some tropical trees and shrubs mainly of South East Asia**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1972. 399 p.

JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1940. 523 p.

JUNIOR, A. G.; FERREIRA, I. C. P.; NAKAMURA, C. V.; FILHO, B. P. D.; JACOMASSI, E.; YOUNG, M. C. M.; CORTEZ, D. A. G. Estudo morfo-anatômico das folhas e caule da *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma contribuição ao estudo farmacognóstico da droga vegetal. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 24, n. 3, p. 371-376, 2005.

KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 872 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP, Plantarum, 2002. 368 p.

MACEDO, A. C. de. **Produção em mudas em viveiros florestais: espécies nativas**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993, 13 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, v. 12, 2005. 495 p.

MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Estrutura e dinâmica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 107-112, 2000.

MARQUES, M. C. M.; SILVA, S. M.; SALINO, A. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta higrófila da bacia do rio jacaré-pepira, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 495-506, 2003.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; NAKAGAWA, J. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (*Leguminosae*)). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 633-639, 2008.

MASETTO, T. E. **Estudo da sensibilidade à dessecação em sementes de *Eugenia handroana* D. Legrand (Myrtaceae)**. 2005. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; NETO, M. M. G.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. da. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledons (leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses)**. Volume I. Oxford: At the Clarendon Press, 1957. 329 p.

MOURÃO, K. S. M. **Morfologia e desenvolvimento dos frutos, sementes e plântulas de *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy e *Mammea americana* L.** (Clusiaceae). 1997. 156 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, SP, 1997.

MOURÃO, K. S. M.; BELTRATI, C. M. Morfologia dos frutos, sementes e plântulas de *Platonia insignis* Mart. (Clusiaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 82, p. 47-53, 1995.

MUNDO, S. R.; DUARTE, M. do R. Farmacobotânica foliar e caulinar de guanandi – *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). **Revista Brasileira Farmacobotânica**. v. 89, n. 2, p. 83-87, 2008.

MURDOCH, A. J.; ELLIS, R. H. Dormancy, viability and longevity. In: FENNER, M. (Ed.) **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. 2 ed. Wallingford, CABI Publishing, 2000. p. 183-214.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e teses**. Londrina: ABRATES. 1999. 218 p.

NERY, F. C. **Aspectos da germinação, armazenamento de sementes, crescimento inicial e anatomia de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess.** 2006. 173 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A. de; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M. de; SOUZA, G. S. de; ALVES, E. Aspectos anatômicos de folhas de plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* Cambess. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 129-131, 2007a.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A. de; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M. de; STEIN, V. C. Caracterização Morfológica e Química de Sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 144-146, 2007b.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A. de; JUSTO, C. F.; DOUSSEAU, S.; VIEIRA, C. V. Efeito da temperatura e do tegumento na germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1872-1877, 2007c.

NOLDIN, V. F.; ISAIAS, D. B.; CECHINEL FILHO, V. Gênero *Calophyllum*: Importância química e farmacológica. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 549-554, 2006.

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; McCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, Vienna, v. 59, p. 368-373, 1965.

OLIVEIRA, A. K. M. de; ALVES, F. F.; GADUM, J. Avaliação do tipo de substrato e do período de armazenamento para a germinação de sementes de *Cordia glabrata* (Mart.) DC. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, p. 301-305, 2009.

OLIVEIRA, A. K. M. de; SCHELEDER, E. J. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex. DC.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1011-1018, 2008.

PAULA, A. de; SILVA, A. F. da; MARCO JÚNIOR, P. de; SANTOS, F. A. M. dos S.; SOUZA, A. L. de. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 407-423, 2004.

PEIXOTO, A. M. **Enciclopédia Agrícola Brasileira: S-Z**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp. 2006. 632 p.

PEREZ, S. C. J. G. de A. Envoltórios. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: Do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, 2004. Capítulo 7, p. 125-134.

PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M. A. A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 486-489, 1994.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, s. ed., 2 ed. 1985. 289 p.

RAMOS, M. B. P.; VARELA, V. P.; MELO, M. de F. F. Influência da temperatura e da água sobre a germinação de sementes de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex Ducke – Leguminosae - Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 28, n. 1, p. 163-168, 2006.

REIS, C. A. F.; SOUZA, A. M. de; MENDONÇA, E. G.; GONÇALVES, F. R.; MELO, R. M. G.; CARVALHO, D. de. Diversidade e estrutura genética espacial de *Calophyllum brasiliensis* CAMB. (Clusiaceae) em uma floresta paludosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 265-275, 2009.

RIZZINI, C. T. Sistematização terminológica da folha. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 103-125, 1977.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

SANTANA, D. G. de; RANAL, M. A. Análise estatística. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: Do básico ao aplicado. São Paulo: Artmed, 2004. Capítulo 12, p. 197-208.

SANTARÉM, E. R.; ÁQUILA, M. E. A. Influência de métodos de superação de dormência e do armazenamento na germinação de sementes de *Senna macranthera* (Colladon) Irwin & Barneby (Leguminosae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 205-209, 1995.

SANTOS, J. H. da S.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. da; SOUZA, A. L. de; SANTOS, E. de S.; MEUNIER, I. M. J. Distinção de grupos ecológicos de espécies florestais por meio de técnicas multivariadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 387-396, 2004.

SANTOS, L. W.; COELHO, M. F. B.; PIRANI, F. R. Fenologia de *Lafoensia pacari* A. St. – Hil. (Lythraceae) em Barra do Garça, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 12-17, 2009.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

SOUZA, A. M. de; CARVALHO, D. de; VIEIRA, F. de A.; NASCIMENTO, L. H. do; LIMA, D. C. de. Estrutura genética e espacial de populações naturais de *Calophyllum brasiliense* Camb. em mata de galeria. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 239-247, 2007a.

SOUZA, L. A. Anatomia da plântula e do tirodendro. In: SOUZA, L. A. (org.) **Sementes e plântulas (germinação, estrutura, adaptação)**. Ponta Grossa: Todapalavra Editora, 2009. Capítulo 4, p. 191-252.

SOUZA, L. A. **Morfologia e anatomia vegetal**: célula, tecidos, órgãos e plântula. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2003. 258 p.

SOUZA, L. A.; LOPES, W. A. L.; ALMEIDA, J. G. Morfoanatomia da plântula e do tirodendro de *Arrabidaea mutabilis* Bureau & K. Shum. (Bignoniaceae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 29, p. 131-136, 2007b.

SOUZA, L. A.; MOSCHETA, I. S.; MOURÃO, K. S. M.; ALBIERO, A. L. M.; MONTANHER, D. R.; PAOLI, A. A. S. Morfologia da plântula e do tirodendro. In: SOUZA, L. A. (org.) **Sementes e plântulas (germinação, estrutura, adaptação)**. Ponta Grossa: Todapalavra Editora, 2009. Capítulo 3, p. 119-190.

SOUZA, L. A.; ROSA, S. M.; MOSCHETA, I. S.; MOURÃO, K. S. M.; RODELLA, R. A.; ROCHA, D. C.; LOLIS, M. I. **Morfologia e anatomia vegetal: técnicas e práticas**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2005. 194 p.

SOUZA, R. P.; PEREIRA, M. de F. D. A. Interação de luz, GA₃ e estratificação na germinação de sementes de *Impatiens wallerana*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 21-25, 1992.

TORRES, I. C. **Presença e tipos de dormência em sementes de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa**. 2008. 58 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

VASCONCELOS FLORESTAL. **Guanandi**. Monte Alto. Disponível em: <<http://www.reflorestar.com.br/comparacao.shtml>> Acesso em: 09 nov 2009.

VOGEL, E. F. **Seedlings of dicotyledons**. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1980. 465 p.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de dormência em sementes. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, 2004. Capítulo 8, p. 135-146.