



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PADRÃO DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES E
ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE GUANANDI (*Calophyllum
brasiliense* CAMBESS.)**

Julia Araújo de Lima
(Orientada)

Denise Garcia de Santana
(orientadora)

**UBERLÂNDIA – MG
ABRIL/2011**

JULIA ARAÚJO DE LIMA

Padrão de germinação de sementes e estabelecimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* cambess.)

Tese apresentada á Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do curso de doutorado em agronomia, na área de concentração fitotecnia, para obtenção do título de doutora.

UBERLÂNDIA, MG

ABRIL/ 2011

JULIA ARAÚJO DE LIMA

Padrão de germinação de sementes e estabelecimento de mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 25 de abril de 2011.

Prof ^a . Dr ^a . Marli Aparecida Ranal	UFU
Prof ^a . Dr ^a . Juliana Marzinek	UFU
Prof. ^a Dr. ^a Cibele Chalita Martins	UNESP
Prof ^a . Dr ^a . Maria Laene Moreira de Carvalho	UFLA

Prof^a. Dr. Denise Garcia de Santana
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- L732p
2011
- Lima, Julia Araújo de, 1978-
Padrão de germinação de sementes e estabelecimento de mudas de
guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) / Julia Araújo de Lima. -
2011.
132 f. : il.
- Orientadora: Denise Garcia de Santana.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Germinação - Teses. 3. Guanandi - Teses.
I. Santana, Denise Garcia de. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

DEDICO

Aos meus pais Jorge Ferreira de Lima e Rita de Cássia Araújo de Lima por se constituírem diferentemente enquanto pessoas, igualmente belas e admiráveis em essência, estímulos que me impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, meus agradecimentos por terem aceitado se privar de minha companhia pelos estudos, concedendo a mim a oportunidade de me realizar ainda mais.

A todas as pessoas que deste trabalho tirarem algum proveito.

“O limite não existe e não deve existir no ser humano. Cabe a cada um construir seu próprio destino e perseguir seus ideais. Somos o fruto daquilo que plantamos; colhemos aquilo que nos é dado como recompensa por nosso esforço”. (*Violin*)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos do meu trabalho me concedendo coragem, paciência, serenidade e sabedoria.

À Professora Dr^a. Denise Garcia de Santana pela dedicação e orientação segura.

Aos funcionários da Agronomia Sr. Joaquim Lopes pela grande colaboração nos trabalhos de campo e Adílio Sá Júnior pelas valiosas sugestões.

Aos Professores Dr. Carlos Machado Santos e Dr^a. Marli Aparecida Ranal pelas valiosas sugestões fornecidas durante a fase de elaboração do projeto de tese, em especial ao primeiro pelo grande incentivo na pós-graduação nas aulas de seminários.

Ao funcionário do Parque Municipal Victorio Siquierolli, Sr. Antônio Souza, pela colaboração na coleta dos frutos de guanandi.

Aos funcionários do Instituto de Ciências Agrárias que sempre atendeu as minhas necessidades durante a execução do projeto.

Ao Prof. Dr. Maurício Martins diretor da Fundação de desenvolvimento Agropecuário (FUNDAP) pelo apoio na realização do projeto na Fazenda Capim Branco/UFU.

À Prof. Dr. Regina M. L. Quintão pelas facilidades oferecidas na realização das análises físico-químicas das amostras de solos.

Ao meu esposo, Nevison Amorim Pereira, pela compreensão e colaboração.

Aos meus pais, Jorge e Rita, aos meus irmãos, Irlan e Romer, e às cunhadas, Jéssica e Emiliana pelo apoio.

A todos os colegas da UFU, em especial, Flávia Nery, Juliana Araújo, Gláucia, Dalcimar, Kelly Cristiene pelo convívio durante os anos em que estive na pós-graduação da Agronomia.

Aos colegas do Laboratório de Sementes Florestais, Michele Camargo, Maristela Rosálio, Roberta, Rhafael, Marcela, Gabriela e Vanderley pela compreensão e convívio.

À Diretoria da Pós-Graduação da Universidade Federal de Uberlândia e à FAPEMIG que pela concessão da bolsa de estudos, permitiu o financiamento de uma parte do curso e da presente tese.

Ao Instituto de Geografia da UFU, pela compreensão no meu último ano de pesquisa, em especial aos Professores Dr. Paulo César Mendes, Dr. Samuel do Carmo Lima e toda a equipe do Laboratório de Geografia Médica e Vigilância em Saúde Ambiental.

Aos meus amigos Andréa, Frederico, Lilian, Paulo Renato, Sirlene, Daianne Araújo e Daniel pela compreensão.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho chegasse ao fim, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Julia Araújo de Lima, nascida em 1º de março de 1978, na cidade de Santa Vitória no estado de Minas Gerais, iniciou seus estudos em uma escola rural em Santa Vitória em 1983, fez todo o ensino básico e médio em escola pública nesta mesma cidade. Em 1993 mudou-se para a cidade de Uberlândia, MG, para continuar seus estudos. Na Universidade Federal de Uberlândia fez o curso técnico de Patologia Clínica e o de graduação em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas. Em 2002 mudou-se para a cidade de Minneápolis, no estado de Minnesota, USA, onde aperfeiçou o conhecimento na área agrônômica. Foi professora de biologia, física e química. Concluiu o Mestrado em Agromonia pela Universidade Federal de Uberlândia em 2007. Casou-se com Nevison Amorim Pereira em março de 2008. O doutorado iniciou em março de 2007 no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente exerce a profissão de Bióloga (Técnica de biologia) no Laboratório de Geografia Médica em Saúde Ambiental do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, desde fevereiro de 2010.

SUMÁRIO

Pags.

Capítulo I

UMA REVISÃO SOBRE <i>Calophyllum brasiliense</i> CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE)	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3. REFERÊNCIA	22

Capítulo II

DORMÊNCIA DE SEMENTES DE <i>Calophyllum brasiliense</i> CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE): UM ESTUDO DO TEMPO E DA SINCRONIA NA GERMINAÇÃO.....	27
Resumo	27
Abstract.....	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1 Coleta e beneficiamento - safra 2008	31
2.1.1 Teor de água e curva de embebição - safra 2008	32
2.1.2 Experimentos de germinação - safra 2008.....	32
2.2 Coleta e beneficiamento - safra 2009	33
2.2.1 Experimento de germinação - safra 2009	34
2.3 Coleta e beneficiamento - safra 2010	35
2.3.1 Teor de água e curva de embebição - safra 2010	35
2.3.2 Experimentos de germinação - safra 2010.....	36
2.4 Características, análise estatística e distribuição de frequência relativa	37
3. RESULTADOS	40
3.1 Experimentos da safra de 2008	40
3.2 Experimento da safra de 2009	44
3.3 Experimentos da safra de 2010	46
4. DISCUSSÃO	54
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIA	59

Capítulo III

VARIABILIDADE NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E NO ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE <i>Calophyllum brasiliense</i> CAMBESS.	
.....	66
Resumo	66
Abstract.....	67
1. INTRODUÇÃO	68
2. MATERIAL E MÉTODOS	70
2.1 Variabilidade na emergência de plântulas	72
2.2 Contribuição relativa de populações e de indivíduos para a variabilidade	74
2.3 Variabilidade no estabelecimento de plantas.....	75
3. RESULTADOS	78
3.1 Teor de água e variabilidade na emergência de plântulas.....	78
3.2 Contribuição relativa de populações e de indivíduos	84
3.3 Variabilidade na sobrevivência e no desenvolvimento de plantas	86
4. DISCUSSÃO	89
5. CONCLUSÕES.....	95
6. REFERÊNCIA	96

Capítulo IV

BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E SUA INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE <i>Calophyllum brasiliense</i> CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE).....	103
Resumo	104
Abstract.....	105
1. INTRODUÇÃO	106
2. MATERIAL E MÉTODOS	107
2.1 Experimento de germinação das sementes.....	108
2.2 Emergência de plântulas	111
2.3 Biometria de frutos e sementes por população e por indivíduo	112
2.4 Características analisadas e análise estatística	113
3. RESULTADOS	114
3.1 Germinação das sementes de tamanhos distintos	115
3.2 Emergência de plântulas	117
3.3 Morfometria do fruto e da semente	120
4. DISCUSSÃO	123
5. CONCLUSÕES.....	126
6. REFERÊNCIA	127
CONCLUSÕES GERAIS.....	132

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
Capítulo I		
1	Aspecto geral da espécie (a), folhas (b, f), flores (c), inflorescência, frutos (d) e caule (e) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	19
2	Foto e esquema do fruto e da semente de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. Fruto com parte do pericarpo extraído (a); esquema do corte transversal da semente (b); corte longitudinal de uma semente com tegumento (c) e sementes com o embrião e os cotilédones expostos (d).....	21
Capítulo II		
1	Coloração do tegumento e turgescência do pericarpo dos frutos de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.: fruto com pericarpo túrgido, com tegumento esbranquiçado (A, B), amarelado (C, D), castanho claro (E, F), castanho (G, H) e fruto com pericarpo murcho e tegumento castanho escuro (I, J).....	34
2	Sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. com tegumento escarificado mecanicamente na região da micrópila sem atingir os cotilédones (a) e até atingir os cotilédones (b); semente sem tegumento (c), semente com tegumento puncionado na região da micrópila até atingir os cotilédones (d), sementes com tegumento escarificado mecanicamente na extremidade oposta à micrópila até atingir os cotilédones (e) e sementes com tegumento intacto (f).....	37
3	Classificação de plântulas normal (a) e anormal (b) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.....	38
4	Sementes duras sem danos aparentes (a), mortas (b), danificadas (c) e chochos (d) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. após abertura do tegumento das sementes.....	39
5	Incremento em massa fresca (g) de sementes intactas (a) e sementes sem tegumento (b) de <i>Calophyllum brasiliense</i> durante o período de embebição em água destilada a $25\pm 3^{\circ}\text{C}$	40
6	Distribuição da frequência percentual de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. ao longo do tempo de sementes intactas (a), com tegumento puncionado na região da micrópila (b), em sementes sem tegumento e embebidas por 48h (c) e sementes embebidas em água por 48h (d) coletadas na safra 2008 às margens do Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG e submetidos a tratamentos pré-germinativos.....	43
7	Curva de absorção de água das sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas no município de Tagaçaba, Paraná, PR, submetidas aos pré-tratamentos de quebra de dormência.....	47
8	Sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. colhidos em 2008 e 2010, com radícula enovelada no tegumento (a); calosidade formada a partir da emissão da radícula (b); cotilédones verdes (c); orifício no	

tegumento formado pela força da radícula (d, e); látex liberado pelos cotilédones durante a germinação (f) e plântula oriunda de semente intacta apresentando cotilédones esbranquiçados após a retirada do tegumento (g).....	53
--	----

Capítulo III

1	Características visuais das sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.: presença de látex na semente sem tegumento (a), sementes sem danos aparentes (b); sementes danificadas e mortas (c); sementes chochas (d) após exumação, aos 366 dias após a semeadura.....	73
2	Precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima entre janeiro e julho de 2009, correspondentes à época que antecedeu a implantação e se estendeu até a última avaliação das plantas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. na Fazenda Capim Branco, no município de Uberlândia, MG.....	77
3	Intervalos de confiança para teores de água (média $\pm$ desvio padrão) das sementes de 13 indivíduos de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. localizados na Mata de Galeria do Parque do Sabiá, às margens do Rio Uberabinha e do Rio das Pedras, todos no município de Uberlândia, MG.....	78
4	Análise visual das sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. não germinadas no teste de emergência e exumadas após 366 dias.....	80
5	Distribuição da frequência percentual de emergência de plântulas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. provenientes de indivíduos com amplitude de emergência de até 6 meses (a, b) e entre 6 e 9 meses (c, d)	81
6	Distribuição da frequência percentual de emergência de plântulas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. provenientes de indivíduos com amplitude de emergência entre 9 e 12 meses	82
7	Percentual de mortalidade de mudas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. plantadas na Fazenda Capim Branco e avaliadas durante 12, 26, 40, 60 e 90 dias após o plantio. *Médias totais seguidas de letras minúsculas distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância	86

Capítulo IV

1	Fruto (A) e semente (B, semente com testa e endocarpo colapsado) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. com detalhe do comprimento longitudinal (a).....	107
2	Plântulas normais de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador (A, B).....	109
3	Plântulas anormais de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador. Plântulas com parte aérea desenvolvida e raiz primária com geotropismo negativo (A), parte aérea retorcida (B e C), raiz primária ausente (D e E), parte aérea ausente (F), parte aérea ausente e raiz pouco desenvolvida e bifurcada (G), parte aérea atrofiada e raiz primária pouco desenvolvida (H), parte aérea ausente e raiz atrofiada (I).....	110

4	Sementes abertas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador, classificadas em semente dura sem dano aparente (A), semente dura danificada (B), corte transversal de sementes mortas (C) e corte transversal de semente chocha (D).....	110
5	Temperaturas médias máximas e mínimas durante o período de 13 de julho de 2009 a 13 de janeiro de 2010 na Casa de Vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, MG.....	111
6	Fruto (A) e semente (B, embrião com tegumento composto por testa e endocarpo colapsado) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. com detalhe do comprimento longitudinal (a) e transversal (b).....	112
7	Curva de embebição das sementes pequenas (13 a 15,99 mm), médias (16 a 16,99 mm) e grandes (17 a 20,99 mm) de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess., baseada na absorção de água ao longo do tempo(h).....	114
8	Comprimento longitudinal (a) e transversal (b) dos frutos e comprimento longitudinal (c), comprimento transversal (d) e massa fresca (e) de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas a partir de um indivíduo localizado no Parque Municipal Victório Siquierolli, Uberlândia, MG. * Y: desvio padrão; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores sem negrito não atenderam as pressuposições de normalidade (Shapiro-Wilk).....	121
9	Comprimento longitudinal (a) e transversal (b) dos frutos e comprimento longitudinal (d), comprimento transversal (d), massa fresca e teor de água de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. de uma amostra coletada a partir de nove indivíduos localizados no Parque Municipal Victório Siquierolli, Uberlândia, MG. * Y: desvio padrão; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito atenderam as pressuposições de normalidade (Shapiro-Wilk).....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
Capítulo II		
1	Coordenadas geográficas, diâmetro à altura do peito (DAP, 1,3 m do colo da árvore) e altura dos indivíduos de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. localizados às margens do Rio Uberabinha, no município de Uberlândia, MG.....	31
2	Medidas de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletados na safra 2008 às margens do Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG e submetidos a tratamentos pré-germinativos e semeados sobre areia em caixas do tipo gerbox.....	41
3	Classificação das sementes após o encerramento do teste de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas na safra de 2008 no município de Uberlândia, Minas Gerais, submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre areia em caixas tipo gerbox.....	44
4	Medidas de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas na safra 2009 no município de Uberlândia, MG, em diferentes estádios de maturação, semeadas sobre vermiculita® e dispostas em caixas do tipo gerbox.....	45
5	Classificação de plântulas e de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. após sua abertura no encerramento do experimento, coletadas na safra 2009 no município de Uberlândia, MG em diferentes estádios de maturação e semeadas em vermiculita® em caixas do tipo gerbox.....	46
6	Medidas de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas na safra de 2010 no município de Tagaçaba, Paraná, PR, submetidas à tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre vermiculita® em caixas do tipo gerbox.....	49
7	Classificação das sementes abertas após o encerramento do teste de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas na safra de 2010 no município de Tagaçaba, Paraná, PR, submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre vermiculita® em caixas do tipo gerbox.....	51
8	Percentuais de germinação, classificação de plântulas (normais e anormais) e abertura de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas na safra 2010 no município de Tagaçaba, Paraná, PR, a partir de sementes submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeados em papel gemitest.....	52
Capítulo III		
1	Tipo de fitofisionomia predominante, características da área e georeferenciamento dos indivíduos de <i>Calophyllum brasiliense</i>	

	Cambess. localizados no Parque Municipal do Sabiá, Rio das Pedras e Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG.....	71
2	Resumo do quadro de análise de variância do modelo hierárquico em dois níveis desbalanceados e mesmo número de repetições (SOKAL; ROHLF, 1997).....	75
3	Análise física e química de solo coletado na camada de 0-40 cm da área plantada Fazenda Capim Branco, Uberlândia - MG.....	76
4	Medidas de emergência de plântulas oriundas de sementes de 13 indivíduos de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. localizados na Mata de Galeria do Parque do Sabiá e às margens dos Rios Uberabinha e das Pedras, todos no município de Uberlândia, MG.....	79
5	Coeficientes de correlação linear (r) entre medidas de emergência de plântulas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. provenientes de sementes coletadas a partir de 13 indivíduos no município de Uberlândia, MG.....	83
6	Análise de variância de medidas de emergência de plântulas a partir do modelo hierárquico para populações de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. localizadas no Parque Municipal do Sabiá, Rio das Pedras e Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG.....	85
7	Altura e diâmetro de mudas de <i>Calophyllum brasiliense</i> oriundas de semente coletadas no Rio Uberabinha, Parque do Sabiá e Rio das Pedras submetidas as condições de solo drenado da Fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG	87

Capítulo IV

1	Teor de água, massa de mil sementes e número de sementes por quilograma de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. coletadas no Parque Municipal Victorio Siquierolli, Uberlândia, MG na safra 2009 e classificadas quanto ao comprimento longitudinal.....	114
2	Medidas de germinação de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. em função do comprimento longitudinal, coletados no município de Uberlândia, MG, na safra 2009 e avaliados durante 120 dias em papel germitest em germinador.....	116
3	Percentuais de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. chochas, com embrião sem dano aparente, danificadas e mortas não germinadas após 120 dias em câmara de germinação, separadas por classe de tamanho, após terem sido coletadas no município de Uberlândia, MG, na safra 2009.....	117
4	Medidas de emergência de plântulas de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. por classe de tamanho de sementes, coletadas no município de Uberlândia, MG, na safra 2009, submetidas a pré-tratamentos germinativos e mantidas em casa de vegetação durante seis meses.....	118
5	Percentual de sementes de <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. chochas, mortas, intactas sem dano aparente e danificadas avaliadas visualmente entre as sementes não germinadas após seis meses em casa de vegetação.....	119

Lista de símbolos, siglas e abreviações

%: porcentagem
a.a. ao ano
Cm: centímetro
DAP: Diâmetro à altura do peito (1,30 m)
DBC: delineamento de blocos casualizados
DIC: delineamento inteiramente casualizado
E: emergência
f: Relação funcional entre as grandezas de entrada e o mensurado
G: Germinação
ha: hectare
I: incerteza
K: Potássio
Kg: quilo, quilograma
L: litro
 m^3 : metro cúbico
MG: Minas Gerais
mm: milímetro
N: nitrogênio
N: Número total de grandezas de entrada do modelo matemático da medição
n: Número total de medições repetidas de um mesmo mensurando
P: fósforo
R\$: real
t: tonelada
tf: tempo final
tm: tempo médio
to: tempo inicial
US\$: dólar americano
Ve: Velocidade de germinação
Y: Mensurando
Z: sincronia

CAPÍTULO I

UMA REVISÃO SOBRE *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE)

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a procura por mudas de espécies florestais nativas tem crescido no Brasil em razão da necessidade de reflorestamento. Nos projetos de revegetação de áreas degradadas tem sido explorado o potencial das espécies nativas regionais, supostamente melhor adaptadas às condições edafoclimáticas, o que facilita o restabelecimento do equilíbrio entre a fauna e a flora (FERNANDES et al., 2000). Nesse contexto, uma das espécies que agrupa essas particularidades pela ampla distribuição no território nacional é *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Conhecida popularmente por guanandi, olandi, jacareúba, entre outros nomes (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003), é uma espécie arbórea da família Clusiaceae, ocorrente desde 18° N em Porto Rico até 28°10'S em Santa Catarina, no Brasil, em floresta amazônica, floresta atlântica e de restinga e em florestas de galeria e ciliares, principalmente em locais com solo inundado (REITZ et al., 1978; LORENZI, 1992; POTT; POTT, 1994; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 1995; CARVALHO, 2003).

A espécie se distribui em todas as bacias brasileiras, sendo a madeira ainda pouco utilizada no Brasil, quando comparada a outros países da América do Sul e do Caribe (CARVALHO, 1994). Essa espécie apresenta características estéticas com potencial para substituição do mogno (*Swietenia macrophylla* King) e do cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), podendo ser utilizada para fabricação de móveis finos, construção naval, construção civil, chapas, lâminas faqueadas e decorativas e fabricação de barris de vinho (REITZ; KLEIN; REIS, 1978; CARVALHO, 2003), além de possuir boas características físicas como durabilidade e imputrescibilidade à água (REITZ; KLEIN; REIS, 1978; STURION; ANTUNES, 2000). Subprodutos para a alimentação animal, produção de mel, bem como finalidades medicinais são outras potencialidades da espécie (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994; GASPAROTTO JÚNIOR et al., 2005).

Segundo a ABRAF (2009), os 6,58 milhões de hectares de florestas plantadas no Brasil representam menos de 1,2% da área demandada. O Brasil consome atualmente 350 milhões de m³ de madeira por ano, o que significa 8% do consumo mundial (SANTOS, 2003). O desequilíbrio entre a oferta e a procura determinou a continuada valorização da madeira de guanandi, cujo preço registrou ganho médio de 8,32% a.a. entre 2002 e 2005, em dólar norte-americano (VASCONCELOS, 2005). Em 2010, a madeira de guanandi em pranchas foi comercializada por aproximadamente R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais) por m³ (CARVALHO, 2010). A espécie tem crescimento lento a moderado, com incremento médio anual de 8,40 m³ por hectare por ano (SCHIMIDT; VOLPATO, 1972).

Os reflorestamentos de guanandi em Minas Gerais ainda não ultrapassam 10.000 ha (VASCONCELOS, 2005), e poucas são as empresas que investem na cultura, havendo a necessidade de produção em larga escala e de matrizes de boa qualidade. O tradicional método de propagação é via semente. No entanto, a quantidade produzida por árvore é limitada e a capacidade germinativa é variável, em torno de 80% (FERREIRA et al., 2007; NERY et al., 2007; MORANDI et al., 2009). Outro agravante é o fato de algumas sementes germinarem mais e melhor que outras, dependendo da origem, condições de armazenamento e do tratamento prévio das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Estudos sobre a tecnologia de sementes de guanandi no país praticamente não existem ou são de domínio apenas das empresas reflorestadoras. Uma análise dessa espécie é muito importante e traz contribuições para o setor florestal, podendo auxiliar na tomada de decisões acerca dos aspectos técnicos e tecnológicos para a produção de sementes e de mudas. Diante do exposto, o objetivo desta tese foi abordar aspectos tecnológicos da qualidade das sementes de *Calophyllum brasiliense*, como tamanho da semente, maturação, dormência e variabilidade entre indivíduos, além da sobrevivência de mudas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O gênero *Calophyllum* é composto por 190 espécies, encontradas principalmente na Ásia e no Pacífico (FRIDAY; OKANO, 2006). A distribuição geográfica é ampla, incluindo Madagascar, leste da África, sul da Ásia, sudeste da Ásia (Paquistão, Vietnã e Indonésia, Ilhas do Pacífico), América do Sul (Brasil, Paraguai, Peru, Bolívia, Venezuela, Guianas e na ilha de Trinidad), Cuba, Guatemala, Nicarágua, México, Belize e Costa Rica (REITZ et al., 1978; POTT; POTT, 1994). A espécie ocorre desde o nível do mar até 1.500 m de altitude, em locais com precipitação entre 1.400 mm e 3.500 mm e temperaturas médias anuais entre 20 e 28 °C. No sul do Brasil, em sistema agroflorestal, a espécie *Calophyllum brasiliense* não suporta baixas temperaturas, apresentando elevada taxa de mortalidade (VIEIRA et al., 2003).

Calophyllum brasiliense, pertencente à família Calophyllaceae, antiga Clusiaceae e Guttiferae, é conhecida também pelas sinônimas *Calophyllum antillanum* Brit. Standl., *Calophyllum ellipticum* Rusby e *Calophyllum rekoii* Standl. (SILVA, 2005; IPNI, 2010). A espécie foi monopólio do Estado Brasileiro durante o período regencial (LORENZI, 1992). Em outros países, a espécie é conhecida popularmente como alfaro, arary, bari, cachicamo, cedro maria, cojón, garapato, maria, ocuje, palo maria e santa Maria (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003). Nativa do Brasil, é perenifólia, atinge até 35 m de altura e 60 cm de diâmetro (CORRÊA, 1984), com tronco geralmente reto e cilíndrico, copa larga com abundante e vigorosa ramificação e densa folhagem verde escura (REITZ et al., 1978) (Figura 1a). As folhas, de 5 a 18 cm de comprimento e 2,5 a 5 cm de largura, apresentam muitas nervuras secundárias paralelas e muito próximas (REITZ et al., 1978; LORENZI, 1992); são perenes, simples, inteiras, opostas, oblongo-lanceoladas, possuem ápice acuminado, base coneiforme a obtusa e glabras, com pecíolo verde escuro de 1 a 2,5 cm de comprimento (Figura 1b,f). A casca externa da planta apresenta coloração marrom escura, estreitamente fissurada (Figura 1e); internamente é rósea, com aroma de mel, amargosa e ácida, exudando abundante e espessa goma-resina de cor amarelo-esverdeada (CORRÊA, 1984; CARVALHO, 2003).

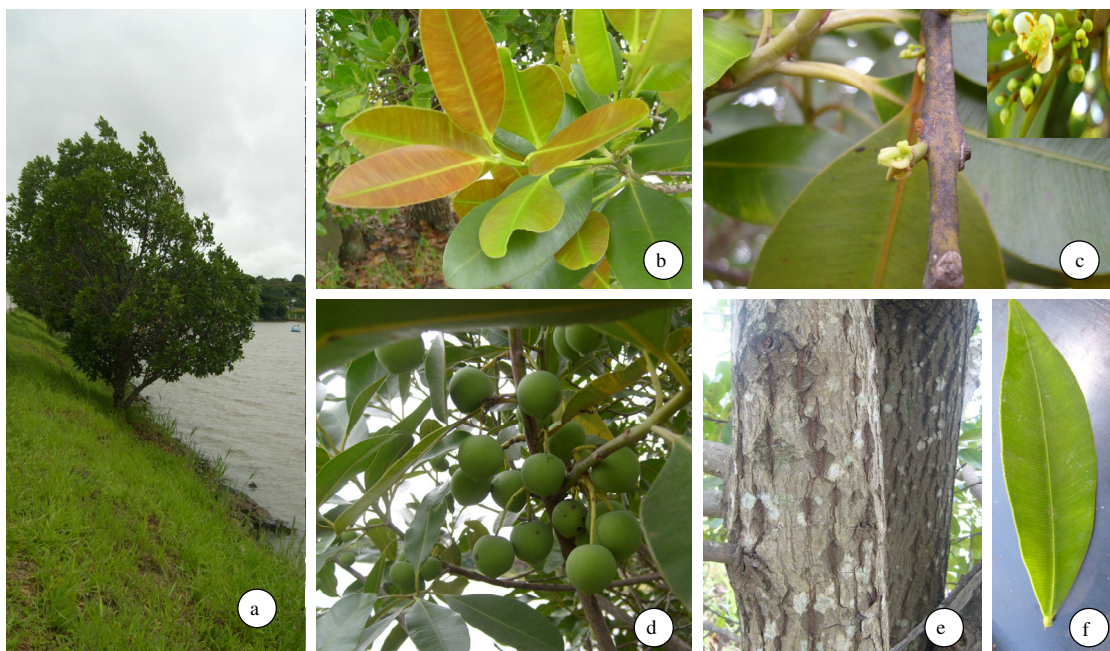


Figura 1. Aspecto geral da espécie (a), folhas (b, f), flores (c), inflorescência, frutos (d) e caule (e) de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

A floração e a frutificação são supra-anuais e irregulares (NEWSTROM et al., 1994), e a sua época de acontecimento difere entre os autores, talvez em virtude de sua ampla área de ocorrência (FISHER; SANTOS, 2001; LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003). O intervalo de tempo entre dois episódios consecutivos de frutificação pode chegar a 41 meses, ocorrendo tanto na estação seca quanto na chuvosa, podendo alterar a expressão sexual nas flores entre as estações de floração (FISHER; SANTOS, 2001). No estado do Paraná, floresce durante os meses de janeiro a março, ocorrendo a maturação dos frutos durante os meses de abril a junho (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

As flores são brancas, reunidas em racemos axilares ou panículas de 2,5 a 6 cm (Figura 1c), polinizadas principalmente por abelhas e diversos insetos pequenos (CARVALHO, 2003). Segundo Fischer e Santos (2001), possui flores masculinas e hermafroditas no mesmo indivíduo, mas com possível instabilidade da expressão do sexo no mesmo indivíduo. Seus frutos (Figura 1d) são dispersos pela água (hidrocoria), por morcegos frugívoros (quiropterocoria), veados, tucanos e papagaio da cara-roxa ou podendo ainda cair sob a copa da árvore-mãe (autocoria) (SPVS, 1992; MARQUES, 1994; GALETTI, 1995; MARQUES; FISCHER, 1996; MARQUES; JOLY, 2000). Os morcegos [*Artibeus lituratus* (OLFERS, 1818), *Artibeus obscurus* (SCHINZ, 1821)] se alimentam do pericarpo, descartando posteriormente as sementes sob os poleiros (SAZIMA et al., 1994). Quanto à dispersão hidrocórica, ela ocorre em função da localização frequente da espécie junto aos cursos d'água, mas a dispersão a longas distâncias pode ficar comprometida pela estagnação

da água de inundação. Os frutos apresentam comportamentos diferentes quanto à flutuação na água, afundando os de maior densidade.

O fruto de *Calophyllum brasiliense* é do tipo drupa globosa (MARQUES, 1994; BARROSO et al., 1999), indeiscente, carnosos, com exocarpo verde lactescente quando maduro, apresentando dimensões de 12 a 25 mm de diâmetro (Figura 2a). A polpa é oleaginosa, envolvendo uma semente bitegumentada, globosa e de coloração castanha (Figura 2c,d). A camada lenhosa da semente representa a parte externa do mesófilo da testa (CORNER, 1976). O embrião é globoso, com cotilédones crassos, plano convexo, dispostos perpendicularmente ao eixo hipocótilo-radícula, reto e curto (CORNER, 1976, BARROSO, 1999). As sementes encontram-se internamente nos frutos, disponíveis nas árvores-mãe durante cerca de dez meses; quando dispersos por gravidade, os frutos possibilitam a formação de um banco de sementes no solo (KAWAGUICI; SCHIAVINI, 1995). Os indivíduos produzem grande quantidade de sementes viáveis (BOTREL et al., 2006); porém, o mesmo indivíduo não produz sementes todos os anos. As sementes não germinam enquanto estão submersas, mas permanecem viáveis e flutuam (LOBO et al., 1995). O hábitat de ocorrência desta espécie pode influenciar a germinação das sementes e, possivelmente, o estabelecimento das árvores jovens e adultas (FISCHER; SANTOS, 2001).

É uma espécie heliófita ou de luz difusa, localizada sobre solos úmidos e brejosos, sendo característica exclusiva de espécies de florestas pluviais. Guanandi é classificado no grupo sucessional de secundário e intermediário tardio (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; VILELA et al., 1999) ou clímax tolerante à sombra (RONDON NETO et al., 1999), podendo ocorrer de forma pioneira nas formações de influência fluvial no litoral paranaense, de forma espalhada e agressiva sobre a vegetação brejosa (REITZ et al. 1978; CARVALHO, 2003). Sua dispersão é ampla, porém descontínua; ocorre geralmente em grandes agrupamentos que, por vezes chegando a formar populações homogêneas (CARVALHO, 1996). É capaz de crescer dentro da água e até em áreas de mangue, sendo classificada por alguns autores como tolerante ao alagamento (URQUHART, 2004; OLIVEIRA, JOLY, 2010). Esta espécie utiliza um conjunto de mecanismos de defesa que permite sua existência nas florestas pantanosas, tais como hipertrofia induzida de lenticelas, aumento do diâmetro do caule e desenvolvimento de raízes adventícias (URQUHART, 2004; OLIVEIRA, JOLY, 2010). As plantas jovens de *Calophyllum brasiliense* morrem mais em áreas não alagadas do que em solos inundados (FISCHER; SANTOS, 2001), principalmente em locais com estação seca prolongada (CALVO-ALVARADO et al., 2007), perdendo, dessa forma, a competitividade em áreas mais

secas (OLIVEIRA, JOLY, 2010). No sul do Brasil, esta espécie predomina em organossolos e espodossolos hidromórficos (CARVALHO, 2003).

A espécie não se propaga vegetativamente (SCARANO et al., 1997), e está sujeita aos principais efeitos da redução e fragmentação de populações naturais, como a ocorrência de endogamia, o distanciamento entre indivíduos reprodutivos, a diminuição do fluxo gênico e o aumento da divergência genética entre as populações remanescentes de espécies arbóreas. Trabalhos sobre variabilidade genética em *Calophyllum brasiliense* apontaram baixa variabilidade genética dentro das populações, apesar desse valor ser maior do que entre populações. *Calophyllum brasiliense* tem valores de variabilidade genética condizentes com os de outras espécies arbóreas tropicais (SOUZA et al., 2007), sendo que os valores de diversidade genética foram considerados altos em relação aos de outras espécies arbóreas (REIS et al., 2009).

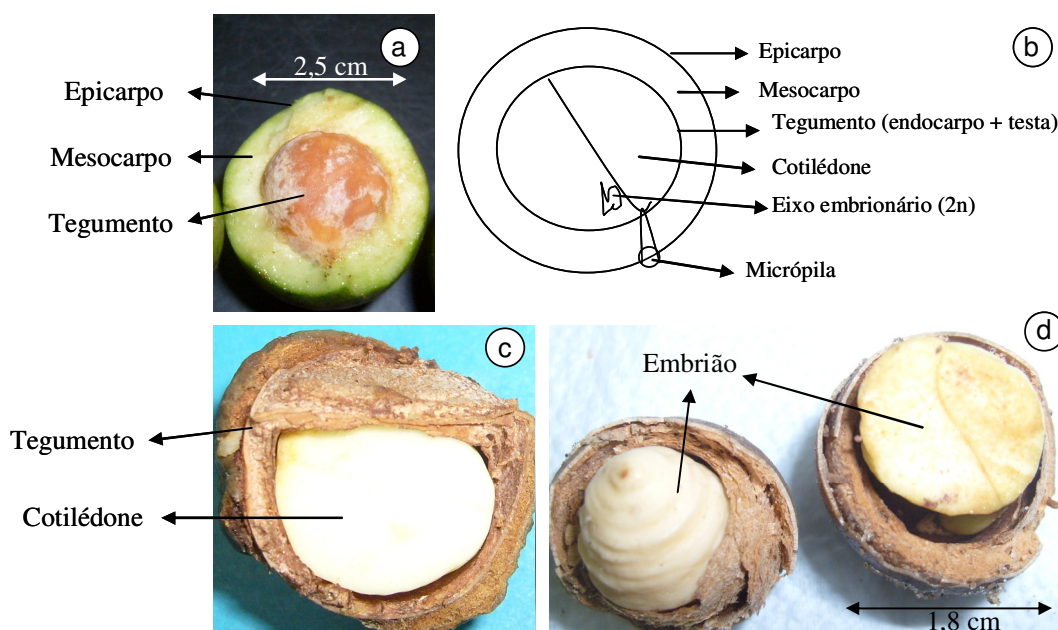


Figura 2. Foto e esquema do fruto e da semente de *Calophyllum brasiliense* Cambess. Fruto com parte do pericarpo extraído (a); esquema do corte transversal da semente (b); corte longitudinal de uma semente com tegumento (c) e sementes com o embrião e os cotilédones expostos (d).

3. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2008. Brasília: editora da ABRAF. 2009. 129 p.

BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 443 p.

BOTREL, M. C. G. et al. Caracterização genética de *Calophyllum brasiliense* Camb. em duas populações de mata ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p. 821-827. 2006.

CALVO-ALVARADO, J. C.; ARIAS, D.; RICHTER, D. D. Early growth performance of native and introduced fast growing tree species in wet to sub-humid climates of the southern region of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Colorado, v. 242, p. 227–235, 2007.

CARVALHO, A. P. **Reflorestar**. 2010. Disponível em: <<http://www.reflorestar.com.br>. 2010>. Acesso em: 09 jan. 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A. Flora arbustivo-arbórea de mata ripária do médio Rio Grande (Conquista, Estado de Minas Gerais). **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.2, p. 48-68, 1996.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Florestas, v.1, 2003. 1.039 p.

CORNER, E. J. H. Clusiaceae. In: _____. (Ed.). **The seeds of dicotyledons**. New York: University Press Cambridge, 1976. v. 1, p. 97 – 103.

CORNER, E. J. H. Clusiaceae. In: _____. (Ed.). **The seeds of dicotyledons**. New York: University Press Cambridge, 1976. v. 2, p. 92 - 111.

CORRÊA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1984. 646 p.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. **Revista do Instituto Florestal e Série Registros**, São Paulo: IF Série registros, n.4, 1990. 14 p.

FERNANDES, L. A. et al. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.1191-1198, 2000.

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

FISCHER, E.; SANTOS, J. E.. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae) trees in the Atlantic Forest. **Journal of Tropical Ecology**, New York: Cambridge University Press, v.17, p. 903–909, 2001.

FRIDAY, J. B.; OKANO, D. *Calophyllum inophyllum* (kamani). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**. Hawai'i: Permanent Agriculture Resources Hōlualoa. 2006, 17p. Disponível em: <<http://www.traditionaltree.org>>. Acesso em: 18 nov. 2010.

GALETTI, M. R. Os frugívoros da Santa Genebra. In: MORELLATO, P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. (Org.). **Ecologia e preservação de uma floresta urbana: Reserva de Santa Genebra**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1995. p. 66 – 69

GASPAROTTO JÚNIOR, A. et al. Estudo fitoquímico e avaliação da atividade moluscicida do *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.4, p. 575-578, 2005.

KAWAGUICI, C. B.; SCHIAVINI, I. Crescimento e sobrevivência de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em mata de galeria no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP/Universidade de São Paulo, p. 326, 1995.

LOBO, P. C. et al. Aspectos sobre a germinação e o estabelecimento de plantas de três espécies ocorrentes na Bacia do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP / Universidade de São Paulo, p. 320, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. ed. São Paulo: Nova Odessa, 2002. v.1, 384 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Nova Odessa, 1992. 134 p.

MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas, SP**. Campinas, 1994. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 1994.

MARQUES, M. C. M.; FISCHER, E. Quiropterocoria em *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47., 1996, Nova Friburgo. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Botânica do Brasil, p. 417, 1996.

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: Sociedade botânica de São Paulo, v. 23, n. 1, p. 107 - 112, 2000.

MORANDI, P. S. et al. Germinação e desenvolvimento inicial de *Calophyllum brasiliensis* Camb. em diferentes níveis de sombreamento. In: JORNADA CIENTIFICA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DO MATO GROSSO, 2., 2009, Barra dos Bugre.

Resumos... Mato Grosso. 2009. Disponível em: <http://www2.unemat.br/prppg/jornada2009/resumos_conic/Expandido_00434.pdf> Acesso em: 17 fev. 2011.

NERY, F. C. et al. Efeito da temperatura e do tegumento na germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense*. **Ciências agrotecnologia**. Lavras: Editora UFL, v.31, n.6, p. 1872-1877, 2007.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Switzerland, v. 26, p.141-159. 1994.

OLIVEIRA, V. C. DE; JOLY, C. A. Flooding tolerance of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae): morphological, physiological and growth responses. **Trees: structure and function**, Springerlink, v. 24, p.185–193. 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburg Journal of Botany**, Edinburg, 52, p.141-194. 1995.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Centro de Pesquisas Agropecuária do Pantanal. Brasília: Embrapa CPAP/ SPI, p.125, 1994.

REIS, C. A. F. et al. Diversidade e estrutura genética espacial de *Calophyllum brasiliense* camb. (clusiaceae) em uma floresta paludosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p.265-275, 2009.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28-30, p. 218-224, 1978.

RONDON NETO, R. M. et al. Estudos básicos para propostas de tratamentos silviculturais para acelerar o processo de recomposição da vegetação de uma clareira de formação antrópica, em Lavras, MG - Brasil. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONE-SUL, 1999, Santa Maria. **Resumo...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 165-176,1999.

SANTOS, A. Perspectivas do Setor Florestal Brasileiro. **Revista da Madeira**. Ed. 75. 2003. Disponível em:<http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=404&subject=Mercado&title=Perspectivas%20do%20Setor%20Florestal%20Brasileiro>. Acesso em: 17 fev. 2011.

SAZIMA, I. et al. The fruit bat *Artibeus lituratus* as a forest and city dweller. **Ciência e Cultura**, Campinas, v.46, p.164–168. 1994.

SCARANO, F. R. et al. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 14, p.793–803, 1997.

SCHMIDT, P. B.; VOLPATO, E. Aspectos silviculturais de algumas espécies nativas da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 2, n. 2, p. 99-122, 1972.

SILVA, K. E. Jacareuba *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. n. 11, 2005. 2p. Disponível em: <<http://rsa.ufam.edu.br:8080/sementes/especies/pdf/doc11.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

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

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL (SPVS). **Plano Integrado de Conservação para a Região de Guaraqueçaba, Paraná, Brasil**. Curitiba: SPVS, 1992. 129 p.

STURION, J. A.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 351 p.

THE INTERNATIONAL PLANT NAME INDEX (IPNI). **Plant name query**. Disponível em: <<http://ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do>> Acesso em: 10 jan. 2011.

URQUHART, G. R. Flood-tolerance and flood-escape mechanisms for seeds and seedlings of common swamp trees of Central America. **Tropical Ecology**, Cambridge Uni Press, v. 45, n.2, p. 197-208, 2004.

VASCONCELOS, L. T. **Guanandi, árvore nativa do Brasil, é opção vantajosa de reflorestamento**. 2005. Disponível em: <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/15920.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; SILVA, V. P.. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 627–634. 2003.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A. Fitossociologia de floresta ripária do baixo Rio Grande, Conquista, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n. 4, p. 423-433, 1999.

CAPÍTULO II

DORMÊNCIA DE SEMENTES DE *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE): UM ESTUDO DO TEMPO E DA SINCRONIA NA GERMINAÇÃO. 2011. 38 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia.¹

Resumo: *Calophyllum brasiliense* Cambess. é uma espécie arbórea, típica das florestas tropicais úmidas, com sementes de germinação variável e desuniforme devido às camadas do tegumento. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a dormência das sementes da espécie pela sua capacidade de embebição, germinação, emergência, distribuição e sincronia da germinação ao longo do tempo, além de quantificar a evolução da dormência durante a maturação dos frutos. Experimentos independentes, em delineamentos inteiramente casualizados e de blocos casualizados, foram conduzidos testando-se tratamentos pré-germinativos e estádios de maturação de frutos com pericarpo, colhidos na árvore. A semeadura das sementes foi feita em caixas tipo gerbox, com vermiculita ou areia, e em papel de filtro, confeccionando-se rolos. Nas avaliações diárias ou em intervalos de 7 dias, foram consideradas germinadas as sementes com protrusão de radícula. Também foram avaliadas plântulas normais, anormais, sementes intactas e chochas. De frutos colhidos em Uberlândia, a germinação das sementes sem tegumento atingiu 81% em 43 dias, enquanto em sementes com tegumento, a germinação foi de 62% em 104 dias. Com a escarificação do tegumento na região da micrópila, sem atingir os cotilédones, em sementes colhidas no solo sem pericarpo, o percentual de germinação alcançou 94%, e o de plântulas normais, 88%. Sementes sem tegumento apresentaram alta capacidade de germinação (entre 81 e 100%) e de formação de plântulas normais (91%), mas as partes lenhosas do mesmo dificultaram sua extração e comprometeram a integridade do embrião. O tegumento das sementes de *C. brasiliense* causa restrição física à entrada de água, além de restrição mecânica à saída da radícula na região micropilar. A evolução do estágio de maturação das sementes aumentou a intensidade de dormência das sementes. Sendo assim, os frutos devem ser colhidos ainda na árvore, quando o tegumento apresentar coloração entre o amarelo e o marrom claro.

Palavras-chave: emergência, estágio de maturação, guanandi, dormência, tegumento.

¹Orientadora: Denise Garcia de Santana - UFU

SEEDS DORMANCY OF *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE): A STUDY TIME AND SYNCHRONY IN GERMINATION. 2011. 36 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy / Crop Science) – University of Uberlândia.¹

Abstract: *Calophyllum brasiliense* Cambess. is a tree, typical of tropical rainforests, with seed germination variable and uneven due to restrictions of the layers of the integument. The objective was to characterize the dormancy of seeds of species by their ability to soak, germination, emergence, distribution of germination over time and the timing and quantifies the evolution of dormancy as fruit matured. Independent experiments in replicated randomized block design and were conducted by testing pre-germination treatments and ripening stages fruits in the tree with pericarp and in ground, without such structured. The sowing of seeds was made in germination boxes with vermiculite or sand and filter paper-crafting scrolls. The evaluations daily or at intervals of 7 days were considered germinated seeds with protrusion of radicle, and normal and abnormal seedlings, intact seeds and empty. Of fruits with Uberlândia, germination of the seeds without forehead reaches 81% in 43 days, whereas in intact seeds without pericarp and forehead, the germination is 62% in 104 days. With scarification on the forehead region of the micropylar, without reaching the cotyledons, collected seeds in the soil without pericarp the germination percentage reach 94% and 88% normal seedlings. The unconditioned tests show high germination (between 81 and 100%) and normal seedling (91%), but the woody parts of the forehead hinder their extraction and compromise the integrity of the embryo. The integument the seeds of *Calophyllum brasiliense* cause physical restriction to water, and barring mechanical output in the radicle region of the micropylar. The evolution of maturity of seeds increased the intensity of seed dormancy. Thus, the seeds should also be harvested in the tree when tests show color from yellow to light brown.

Keywords: emergency, stages of maturity, guanandi, dormancy, seed coat.

¹Guideline: Denise Garcia de Santana - UFU

1. INTRODUÇÃO

A dormência de sementes é a resistência natural da espécie contra os fatores adversos do meio ou falha temporária das sementes viáveis que, após determinado período de tempo, iniciam a germinação em condições naturais ou artificiais (SIMPSON, 1990; VIEIRA; FERNANDES, 1997; EIRA; CALDAS, 2000; FOWLER; BIANCHETTI, 2000). A dormência pode ter como causa efeitos ambientais e/ou maternos, incluindo indução por substâncias inibidoras, por resistência mecânica dos tecidos externos ao embrião, pela luz, pela imaturidade do embrião, pela dormência do próprio embrião e por outros fatores (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972; EIRA; CALDAS, 2000; SOUZA, 2009), podendo ocorrer combinações de dois ou mais deles (VIEIRA; FERNANDES, 1997; SOUZA, 2009).

Nesse contexto, a dormência das sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. tem sido estudada, mas os resultados quanto aos mecanismos que reduzem ou retardam a germinação ainda são inconclusivos. A impermeabilidade tegumentar como a causa da dormência das sementes foi apresentada por Ribeiro et al. (1995) e Nery et al. (2007a). Marques e Joly (2000b) atribuíram-na a processos endógenos. Urquhart (2004) indicou baixo potencial de dormência das sementes da espécie. A dormência das sementes tem como característica a distribuição da germinação ao longo do tempo (BEWLEY, 1997), mas é usualmente medida apenas pela quantidade de sementes germinadas (BASKIN; BASKIN, 1998; BORGHETTI, 2004). O tempo decorrido e a sincronia do processo de germinação são raramente relatados.

Calophyllum brasiliense é uma espécie arbórea, típica das florestas tropicais úmidas (REITZ et al., 1978; LORENZI, 1992; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 1995), especialmente das Matas de Galeria do Brasil Central (SCHIAVINI, 1992; SILVA JÚNIOR et al., 1998; KAMAGUICI; KAGEYAMA, 2001). Os indivíduos da espécie estão sujeitos a inundações periódicas de média à longa duração (CARVALHO, 1994; MARQUES, 1994, MARQUES; JOLY, 2000a) e suas sementes embebem lentamente em contato com a água (NERY, 2007a). A germinação não ocorre quando estas estão submersas e, quando flutuam, permanecem viáveis por até seis meses (CARVALHO, 1994; LOBO et al., 1995; SCARANO, 1998; MARQUES; JOLY, 2000b).

O fruto é unilocular, contendo uma semente grande (FLORES 1993; VOZZO, 2002), com o eixo hipocótilo radicular pouco desenvolvido (CORNER, 1976). A semente é envolvida por uma testa múltipla, formada por várias camadas (CORNER, 1976), estrutura

confundida como endocarpo por vários autores (VAN ROOSMALEN, 1985; SPJUT, 1994; NERY, 2007b). A testa é atravessada por uma rede de feixes vasculares, o que torna a mesotesta esclereificada (BARROSO et al., 1999) e quimicamente impermeável à água (POPINIGIS, 1985). O pericarpo, de espessura variável, contém fibras e se torna enrugado quando o fruto está seco (STEVENS, 1974). As sementes apresentam alto teor de lipídios, entre 38 e 39% (FLORES, 1996; FLORES, 2002; NERY et al., 2007b), o que talvez possa levar à inibição da germinação (BADRAN et al., 1976), assim como as cumarinas, também presentes em sementes de *Calophyllum inophyllum* Linn. (MAYER, 1989; SPINO et al., 1998). A capacidade de germinação das sementes é variável (15 a 95%), irregular e desuniforme (FERREIRA et al., 2007).

O tempo de germinação de sementes de espécies sujeitas à inundação depende dos diferentes estádios de maturação do embrião ou da intensidade da dormência no momento da dispersão (SCARANO, 1998). Em *Calophyllum brasiliense*, o período de floração dos indivíduos varia em virtude de sua ampla área de ocorrência, apesar de ter sido detectado entre árvores de mesmo hábitat sincronismo no florescimento (FISCHER; SANTOS, 2001). A maturidade fisiológica das sementes é geralmente acompanhada por visíveis mudanças no aspecto externo e na coloração do fruto e da semente (FIGLIOLIA, 1995). Ao se tornar opaco na maturidade, o pericarpo fica mais fácil de ser removido (CATIE, 2000).

Diante disso, o objetivo foi caracterizar a dormência de sementes de *Calophyllum brasiliense* pela sua capacidade de embebição, germinação, emergência, distribuição da germinação ao longo do tempo e pela sincronia, além de quantificar a evolução da dormência à medida que os frutos amadureceram.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para confirmar a hipótese de dormência das sementes de *Calophyllum brasiliense* foram coletados frutos nas safras 2008, 2009 e 2010 e as sementes analisadas quanto a germinação e a capacidade de emergência das plântulas.

2.1 Coleta e beneficiamento - safra 2008

Em abril de 2008, no município de Uberlândia, às margens do Rio Uberabinha (18°59'54,1" S e 48°05'53,3" W), foram selecionados quatro indivíduos de *Calophyllum brasiliense* (Tabela 1). A área de coleta é coberta por mata semidecídua (BRITO; PRUDENTE, 2005), sujeita à inundação e circundada por vereda extremamente degradada pela ocupação antrópica e atividade agropastoril. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e seca no inverno. No ano de 2008, em Uberlândia, de acordo com os dados da base climatológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, as médias de temperatura máxima e mínima foram de $30,2 \pm 8,8^{\circ}\text{C}$ e $13,5 \pm 6,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente, com pluviosidade anual em torno de 1.632 mm e umidade relativa do ar entre 51 e 62% no inverno e entre 85 e 90% no verão.

A identificação foi feita por comparação com espécimes depositadas no *Herbarium Urberlandensis*, Uberlândia, MG. Os indivíduos foram georreferenciados, numerados e medidos quanto à altura e diâmetro à altura do peito (DAP) (Tabela 1). Os critérios de seleção foram indivíduos adultos, em fase reprodutiva, com fuste reto, ausência ou reduzido número de ramificações laterais e distância mínima entre eles de 50 m.

Tabela 1. Coordenadas geográficas, diâmetro à altura do peito (DAP, 1,3 m do colo da árvore) e altura dos indivíduos de *Calophyllum brasiliense* Cambess. localizados às margens do Rio Uberabinha, no município de Uberlândia, MG.

Indivíduos	Coordenada geográfica	DAP (cm)	Altura (m)
1	18° 59'54,4"S e 48° 05'53,6"W	101,0	8,30
2	18° 59'57,3"S e 48° 05'69,1"W	81,2	8,92
3	18° 59'55,2"S e 48° 05'54,5"W	62,2	7,54
4	18° 59'55,7"S e 48° 05'58,6"W	86,7	8,53

Frutos maduros, ainda com pericarpo, dos quatro indivíduos foram coletados, separados, numerados por indivíduo e transportados em sacos de plásticos para o Laboratório de Sementes Florestais do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Os frutos ficaram armazenados durante 10 dias em bandejas de plástico à temperatura ambiente, para favorecer o despulpamento. O pericarpo foi removido com auxílio de estilete, considerando como semente o embrião coberto pelas camadas da testa e pelo endocarpo que, segundo Corner (1976), é uma fina camada, colapsada na testa. As sementes foram lavadas em água corrente durante um minuto e colocadas por um minuto sobre papel absorvente para retirar o excesso de água e misturadas em proporções iguais de cada indivíduo.

2.1.1 Teor de água e curva de embebição - safra 2008

O teor de água foi obtido após secagem das sementes a 103 °C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 24 horas (BRASIL, 1992), a partir de três repetições, cada uma contendo duas sementes, segundo a expressão: $(MMF - MMS)/MMF * 100$, em que; *MMF*: massa da matéria fresca e *MMS*: massa da matéria seca. Para a curva de embebição foram selecionadas 20 sementes com tegumento e 20 sementes sem tegumento (embrião). Depois de numeradas individualmente, as sementes com e sem tegumento foram avaliadas quanto à massa e colocadas em caixas tipo gerbox sobre papel mata-borrão umedecido com 15 mL de água destilada, correspondente a três vezes o peso do substrato, e mantidas à temperatura ambiente. Avaliações sucessivas foram feitas em balança digital de precisão ($\pm 0,0001$ g) a cada 15 minutos, porém, com a redução da velocidade de embebição, passaram a ser pesadas em intervalos de 1 hora e posteriormente em intervalos de 3 horas, até atingirem massa constante. Quando a primeira germinação das sementes sem tegumento ocorreu, a pesagem destas foi encerrada. Como as 20 sementes com tegumento não germinaram, 10 tiveram o tegumento removido e, juntamente com o restante das 10 sementes com tegumento, foram colocadas novamente sobre o papel mata-borrão umedecido e pesadas até o início do alongamento da radícula.

2.1.2 Experimento de germinação - safra 2008

O teste de germinação foi instalado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos e cinco repetições em parcelas contendo 20 sementes com ou sem

tegumento. Os tratamentos consistiram de sementes intactas (1); sementes puncionadas com pinça na região da micrópila até atingir os cotilédones (2); sementes, sem tegumento, embebidas em água destilada por 48 horas (3); sementes embebidas em água destilada por 48 horas (4); sementes embebidas em KNO_3 a 0,2% (5); e sementes embebidas em GA_3 a $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ (6) e $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ (7). As sementes embebidas em GA_3 , nas duas concentrações, foram colocadas em caixa tipo gerbox, diretamente sobre a areia umedecida com 25 mL do regulador de crescimento. Para o tratamento com KNO_3 , as sementes foram pré-embebidas por 15 minutos na solução.

Com exceção do ácido giberélico usado no umedecimento, todas as sementes foram mantidas em caixa tipo gerbox contendo areia lavada umedecida com 25 mL de água destilada. As caixas foram colocadas em câmara de germinação (Seedburo Equipment company, modelo MPG – 2000) sob luz branca fluorescente contínua, entre $23,8 \pm 1,6^\circ\text{C}$ e $25,3 \pm 1,8^\circ\text{C}$ (médias das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente), e umidade relativa entre $43,6 \pm 3,4\%$ e $55,8 \pm 3,8\%$ (médias das mínimas e máximas, respectivamente). O critério de germinação adotado foi o de protrusão (sementes) ou alongamento da radícula (sementes sem tegumento), com avaliação diária.

2.2 Coleta e beneficiamento - safra 2009

Os frutos de *Calophyllum brasiliense* colhidos em 2009, ano de baixíssima produção de frutos na região, foram oriundos de um único indivíduo localizado no Parque Municipal Victorio Siquierolli ($18^\circ58'34''\text{S}$ e $48^\circ15'21''\text{W}$), região norte de Uberlândia, MG. Após a coleta, os frutos foram transportados para o Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Uberlândia, sendo estes despulpados para obtenção das sementes, retirando-se o pericarpo com uso de estilete. As sementes foram classificadas visualmente em cinco estádios de maturação, de acordo com a coloração da camada mais externa do tegumento e da turgescência do pericarpo do fruto. Para todos os estádios de maturação, o teor de água foi obtido após secagem das sementes a 103°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) durante 24 horas (BRASIL, 1992) em amostras com oito repetições, cada uma contendo duas sementes, segundo a expressão: $(MMF - MMS)/MMF * 100$, em que; *MMF*: massa da matéria fresca e *MMS*: massa da matéria seca.

2.2.1 Experimento de germinação - safra 2009

O experimento de germinação foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos relativos aos estádios de maturação com cinco repetições contendo 25 sementes. Sementes com tegumento de coloração esbranquiçada, amarelada, castanho claro e castanho, todas provenientes de frutos com pericarpo túrgido e sementes com tegumento de coloração castanho escura, provenientes de frutos com pericarpo murcho, constituíram os diferentes estádios de maturação avaliados (Figura A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, respectivamente).

As sementes foram colocadas em caixas do tipo gerbox contendo vermiculita® umedecida com 60 mL de água destilada e mantidas em câmara de germinação (Seedburo Equipament company, modelo MPG-2000) sob luz branca fluorescente contínua, entre $24,5 \pm 1,4$ °C e $27,2 \pm 1,6$ °C (médias das temperaturas mínimas e máximas, respectivamente) e umidade relativa entre $44,5 \pm 3,4\%$ e $56,4 \pm 2,9\%$ (médias mínima e máxima, respectivamente). As avaliações de germinação das sementes foram diárias e os critérios adotados foram de protrusão da radícula.



Figura 1. Coloração do tegumento e turgescência do pericarpo dos frutos de *Calophyllum brasiliense* Cambess.: fruto com pericarpo túrgido, com tegumento esbranquiçado (A, B), amarelado (C, D), castanho claro (E, F), castanho (G, H) e fruto com pericarpo murcho e tegumento castanho escuro (I, J).

2.3 Coleta e beneficiamento - safra 2010

Sementes comerciais da safra 2010 de *Calophyllum brasiliense* Cambess. foram fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Floresta. A coleta foi feita em junho de 2010, no município de Tagaçaba, litoral do Paraná, PR. As sementes foram acondicionadas em sacos de plásticos e assim permaneceram durante os 4 dias do transporte. No Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Uberlândia, as sementes foram acondicionadas em bandejas cobertas com papel germitest umedecido e sacos de plásticos, para evitar a perda excessiva de umidade durante os 5 dias antes do início do experimento.

2.3.1 Teor de água e curva de embebição - safra 2010

O teor de água foi obtido após secagem das sementes inteiras e cortadas ao meio em estufa à temperatura de 103°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) durante dois períodos de 24 horas (BRASIL, 1992) e 48 horas com quatro repetições, cada uma contendo cinco sementes, segundo a expressão: $(MMF - MMS)/MMF * 100$, em que; *MMF*: massa da matéria fresca e *MMS*: massa da matéria seca.

Curvas de embebição das sementes foram obtidas com dados coletados de cada 10 sementes para cada uma das seguintes condições: sementes intactas (1); sementes sem tegumento (2); sementes com o tegumento escarificado mecanicamente com lixa d'água nº150 na região da micrópila até atingir os cotilédones (3); e sementes com o tegumento puncionado na região da micrópila (4). As sementes foram colocadas sobre rolo de papel de filtro do tipo “germitest” umedecido com 150 mL de água destilada, à temperatura ambiente ($26,3 \pm 1,4^\circ\text{C}$ e $20,6 \pm 2,1^\circ\text{C}$; médias de temperatura máxima e mínima, respectivamente). Em intervalos de tempo predeterminados (a cada 30 minutos durante 3 horas; 1, 2, 3 e 6 horas no primeiro dia; a cada 12 horas no segundo dia; e a cada 24 horas a partir do terceiro dia), as sementes foram retiradas do rolo, secas superficialmente com papel de filtro, avaliadas em balança digital de precisão ($\pm 0,0001\text{ g}$) e colocadas novamente para embeber. Esse procedimento foi repetido até a estabilização das massas das sementes ou até a germinação da primeira semente.

2.3.2 Experimentos de germinação - safra 2010

As sementes foram desinfestadas pela imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 1% por 1 minuto e lavadas em água destilada para minimizar os resíduos de

hipoclorito. Dois experimentos independentes foram conduzidos, um em gerbox com vermiculita e outro em rolo de papel de filtro do tipo germitest, ambos em delineamento de blocos casualizados, com 10 tratamentos e cinco repetições de 20 sementes por parcela para a condução em gerbox e quatro repetições de 25 sementes para a condução em rolo de papel. As sementes de ambos os experimentos foram submetidas aos seguintes tratamentos: sementes intactas (1); sementes sem tegumento (2); sementes embebidas em água destilada por 24 horas (3) e por 48 horas (4); sementes com o tegumento escarificado mecanicamente na região da micrópila até atingir os cotilédones (5) e, embebidas por 24 horas (6) e por 48 horas (7); sementes com o tegumento escarificado mecanicamente na extremidade oposta a micrópila até atingir os cotilédones (8); sementes com o tegumento puncionado na região da micrópila até atingir os cotilédones (9); e sementes com o tegumento escarificado mecanicamente na região da micrópila sem atingir os cotilédones (10) (Figura 2). Para a escarificação mecânica, foi utilizada lixa d'água nº150, e para a punção, uma ferramenta rotativa de alta velocidade com anel indicador de profundidade (Dremel 75 th acessório 401).

Em caixa tipo gerbox, as sementes foram dispostas sob vermiculita previamente esterilizada à temperatura de 90°C por 24 horas e umedecida com 75 mL de água destilada, cobrindo 1/3 da semente. Em rolo de papel, as sementes foram distribuídas sob duas folhas de papel germitest umedecido com água destilada, correspondente a três vezes o peso do substrato e, cobertas com mais duas folhas e confeccionados os rolos. As caixas e os rolos de papel formaram experimentos independentes, mantidos em câmara de germinação (Seedburo Equipment Company, modelo MPG – 2000) sob luz branca fluorescente contínua, expostas às temperaturas de $28,1 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ e $23,4 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (médias da máxima e mínima, respectivamente) e umidade de $40,3 \pm 3,4\%$ e $28,5 \pm 3,8\%$ (médias de máxima e mínima, respectivamente).

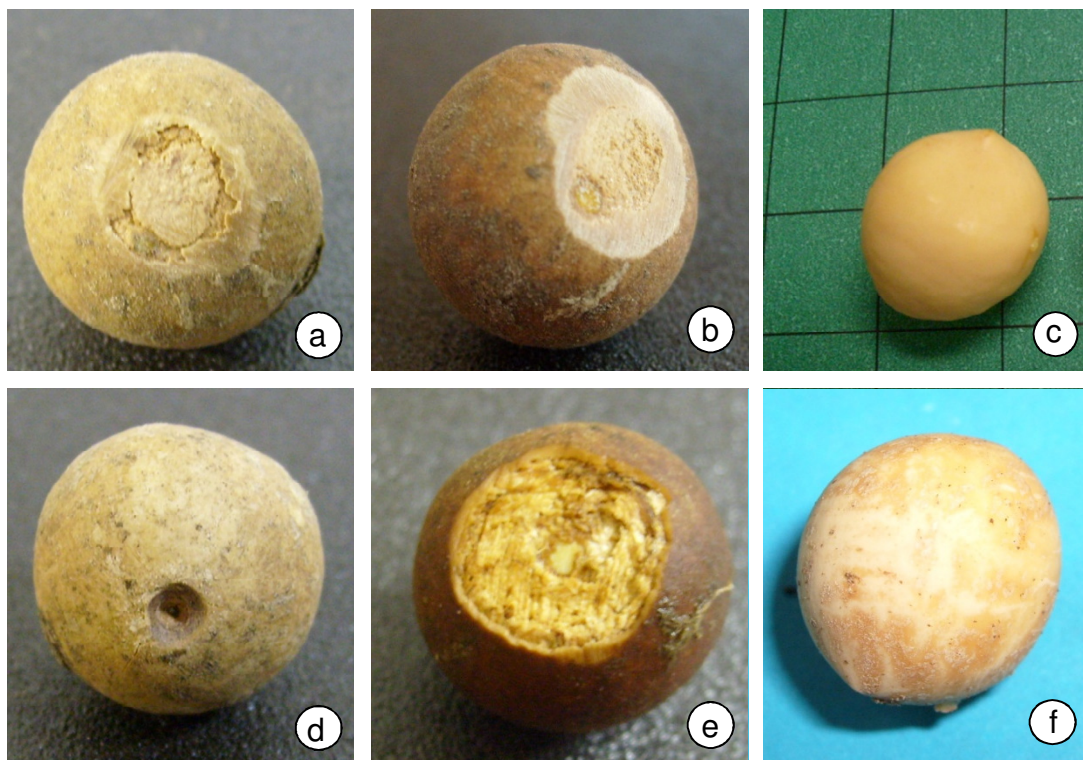


Figura 2. Sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. com o tegumento escarificado mecanicamente na região da micrópila sem atingir os cotilédones (a) e até atingir os cotilédones (b); semente sem tegumento (c), semente com o tegumento puncionado na região da micrópila até atingir os cotilédones (d), sementes com o tegumento escarificado mecanicamente na extremidade oposta à micrópila até atingir os cotilédones (e) e sementes com o tegumento intacto (f).

As sementes semeadas em caixa tipo gerbox foram avaliadas diariamente quanto à protrusão da radícula, enquanto as sementes semeadas em papel germitest foram avaliadas a cada 7 dias quanto à protrusão da radícula e também quanto à classificação de plântulas. Ambos os experimentos tiveram 63 dias de duração.

3. Características, análise estatística e distribuição de frequência relativa

Para os experimentos montados em caixas gerbox com vermiculita ou areia foram calculados o percentual de germinação, o tempo inicial, o tempo final e o tempo médio de germinação (LABOURIAU, 1983), a velocidade de germinação (MAGUIRE, 1962), o coeficiente de variação de tempo (RANAL; SANTANA, 2006), a incerteza (LABOURIAU; VALADARES, 1976) e a sincronia (PRIMACK, 1980). Para o experimento de germinação

conduzido em papel germitest foi calculado o percentual de germinação (protrusão da radícula) e feita a classificação das plântulas em normais e anormais (Figura 3), de acordo com as regras elaboradas neste trabalho. Plântulas normais foram consideradas as com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias; e plântulas anormais, as parte aérea desenvolvida e raiz primária com geotropismo negativo; parte aérea retorcida; raiz primária ausente; parte aérea ausente; parte aérea ausente e raiz pouco desenvolvida e bifurcada; parte aérea atrofiada e raiz primária pouco desenvolvida; parte aérea ausente e raiz atrofiada. A criação dessas regras baseou-se nas normas existentes para outras espécies citadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Ao final dos experimentos de germinação e emergência de plântulas, as sementes foram abertas e classificadas em chochas, com embrião duro sem danos aparentes, danificadas e mortas (Figura 4).



Figura 3. Classificação de plântulas normal (a) e anormal (b) de *Calophyllum brasiliense* Cambess.

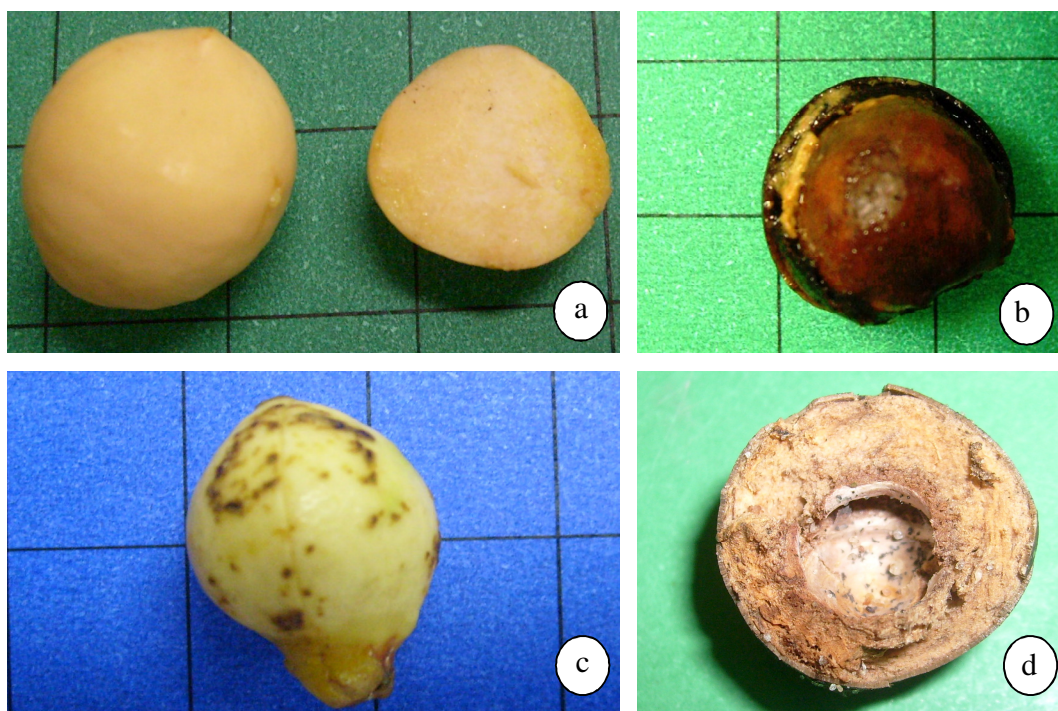


Figura 4. Sementes duras sem danos aparentes (a), mortas (b), danificadas (c) e chochas (d) de *Calophyllum brasiliense* Cambess. após abertura do tegumento das sementes.

Todos os dados foram inicialmente submetidos ao teste de Levene para homogeneidade de variâncias e, quando esta foi atendida, aplicou-se o modelo de análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado (experimentos safra 2008 e 2009) ou de blocos casualizados (experimento safra 2010), seguido pelo teste de Scott-Knott para agrupamento entre médias. Quando a pressuposição não foi atendida, mesmo com a transformação, utilizou-se o modelo não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn. Para a pressuposição do modelo de análise de variância, a significância adotada foi de 0,01 e para os demais testes (análise de variância e testes para comparações e agrupamentos) foi de 0,05.

Para as sementes coletadas em 2008, além das medidas de germinação foram calculadas as frequências de germinação em função do tempo, adaptadas de Labouriau e Pacheco (1978), incluindo tempo médio de germinação e amplitude (diferença entre tempo final e tempo inicial), somente para tratamentos para os quais as as frequências de germinação mais se distinguiram em comportamento.

3. RESULTADOS

3.1 Experimentos da safra de 2008

O teor de água inicial das sementes de *Calophyllum brasiliense* foi de 55,39%. Nessa condição de umidade, a capacidade de embebição e, conseqüentemente, os incrementos na massa das sementes foram distintos (Figuras 5a e 5b). As sementes apresentaram incremento em massa nos primeiros tempos de embebição, estabilizando após 17 horas e retomando intensamente a absorção ao 7º dia; porém, sem haver protrusão de radícula. Por outro lado, sementes sem tegumento embeberam lentamente até 152 horas, quando houve a protrusão da radícula (Figura 5b). Nesse tempo, quando o tegumento das sementes foi removido, estas não se encontravam germinadas.

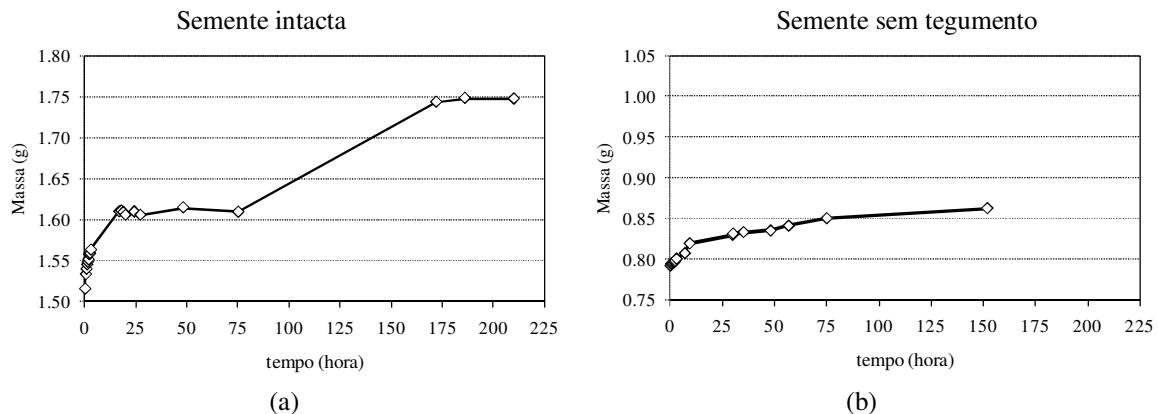


Figura 5. Incremento em massa fresca (g) de sementes intactas (a) e sementes sem tegumento (b) de *Calophyllum brasiliense* durante o período de embebição em água destilada a 25±3°C.

Os tratamentos pré-germinativos aos quais as sementes de *Calophyllum brasiliense* foram submetidas afetaram as características germinativas, alterando a capacidade, o tempo, a velocidade e a sincronia do processo (Tabela 2). A embebição das sementes sem tegumento por 48 horas antecipou em cerca de 20 dias o início da germinação, reduzindo pela metade o tempo final (de 104 para 44 dias) e em cerca de 50 dias o tempo médio de germinação (de 61,37 para 11,56 dias) em relação às sementes intactas (Tabela 2).

A remoção do tegumento seguida da embebição por 48 horas também elevou o percentual de germinação das sementes (62% para 81%), o número de sementes germinadas por dia (2,250 sementes. dia⁻¹) e a sincronia da germinação (0,0968) comparada aos demais tratamentos, inclusive em relação às sementes intactas. Entretanto, tornou desuniforme ($CV_t = 89,68\%$) a distribuição da germinação em torno do tempo médio (Tabela 2).

Tabela 2. Medidas de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletados na safra 2008 às margens do Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG e submetidos a tratamentos pré-germinativos e semeados sobre areia em caixas do tipo gerbox.

Tratamento pré-germinativo ^{1,2}	t_o (dia)	t_f (dia)	$\bar{t}$ (dia)	G (%)	VE (sem.dia ⁻¹)	CV_t (%)	I (bit)	Z
Sementes intactas (testemunha)	25,0 c	104,4 b	61,37 b	62,0 b	0,252 b	44,60 a	3,46 a	0,0150 b
Sementes puncionadas na região da micrópila	14,2 b	89,2 b	50,13 b	53,0 b	0,349 b	55,22 a	3,29 a	0,0088 b
Sementes sem tegumento embebidas em água por 48h	4,2 a	43,6 a	11,56 a	81,0 a	2,250 a	89,68 b	3,05 a	0,0968 a
Sementes embebidas em água por 48h	22,6 bc	97,6 b	58,19 b	57,0 b	0,262 b	48,34 a	3,31 a	0,0082 b
Sementes embebidas em KNO ₃ a 0,2%	24,8 c	97,6 b	62,24 b	64,0 b	0,245 b	37,31 a	3,55 a	0,0060 b
Sementes embebidas em GA ₃ a 10 µg mL ⁻¹	27,0 c	97,4 b	63,81 b	49,0 c	0,186 b	38,99 a	3,15 a	0,0158 b
Sementes embebidas em GA ₃ a 100 µg mL ⁻¹	22,6 c	87,8 b	54,97 b	66,0 b	0,290 b	38,75 a	3,61 a	0,0052 b
³ F/H	22,679	9,484	33,053	2,628	64,991	18,392	1,469	13,928
⁴ Levene (F)	2,338	2,350	2,240	2,492	15,223	5,222	0,875	3,984
Transformação de dados	$\sqrt{x}$	-	-	-	$\sqrt{x}$	-	-	-

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelos testes de Scott-Knott ou Dunn a 0,05 de significância; ² t_o : tempo inicial; t_f : tempo final; $\bar{t}$: tempo médio de germinação; G : percentual de germinação; VE : velocidade de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; I : incerteza e Z : índice de sincronia; ³ F/H : estatísticas F de Snedecor da análise de variância e H do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis; ⁴ F : estatística do teste de Levene; valores em negrito indicam variâncias homogêneas.

Sementes com o tegumento puncionados na região da micrópila também permitiram a antecipação da germinação em aproximadamente 11 dias em relação à testemunha. Não obstante, esse efeito favorável ao processo germinativo não foi mantido ao longo do tempo e não foi verificado nos demais parâmetros avaliados. A antecipação da germinação causada por esse tratamento foi menos importante do que a obtida com a extração do tegumento e embebição em água por 24 horas (Tabela 2). A embebição das sementes em nitrato de potássio (KNO_3) a 0,2% e do substrato com ácido giberélico (GA_3) em ambas as concentrações, 10 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$, não estimularam o processo de germinação, e ainda, em ácido giberélico a 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$ houve redução no percentual de germinação das sementes (Tabela 2).

O padrão de distribuição da germinação das sementes ao longo do tempo, independente dos percentuais de germinação, foi distinto entre os tratamentos pré-germinativos (Figura 6). Sementes intactas, embebidas ou puncionadas se distribuíram com baixa frequência ao longo do tempo e com amplitude acima de 92 dias (Figuras 6a, b, d). A remoção do tegumento e posterior embebição em água por 48 horas elevou a frequência percentual de germinação das sementes, que atingiu 25% e concentrou o processo nos primeiros 20 dias, com amplitude de 72 dias entre o início e o término (Figura 6c). Neste, o valor do tempo médio de 11,56 dias foi bem menor, devido à alta frequência de germinação nos primeiros dias.

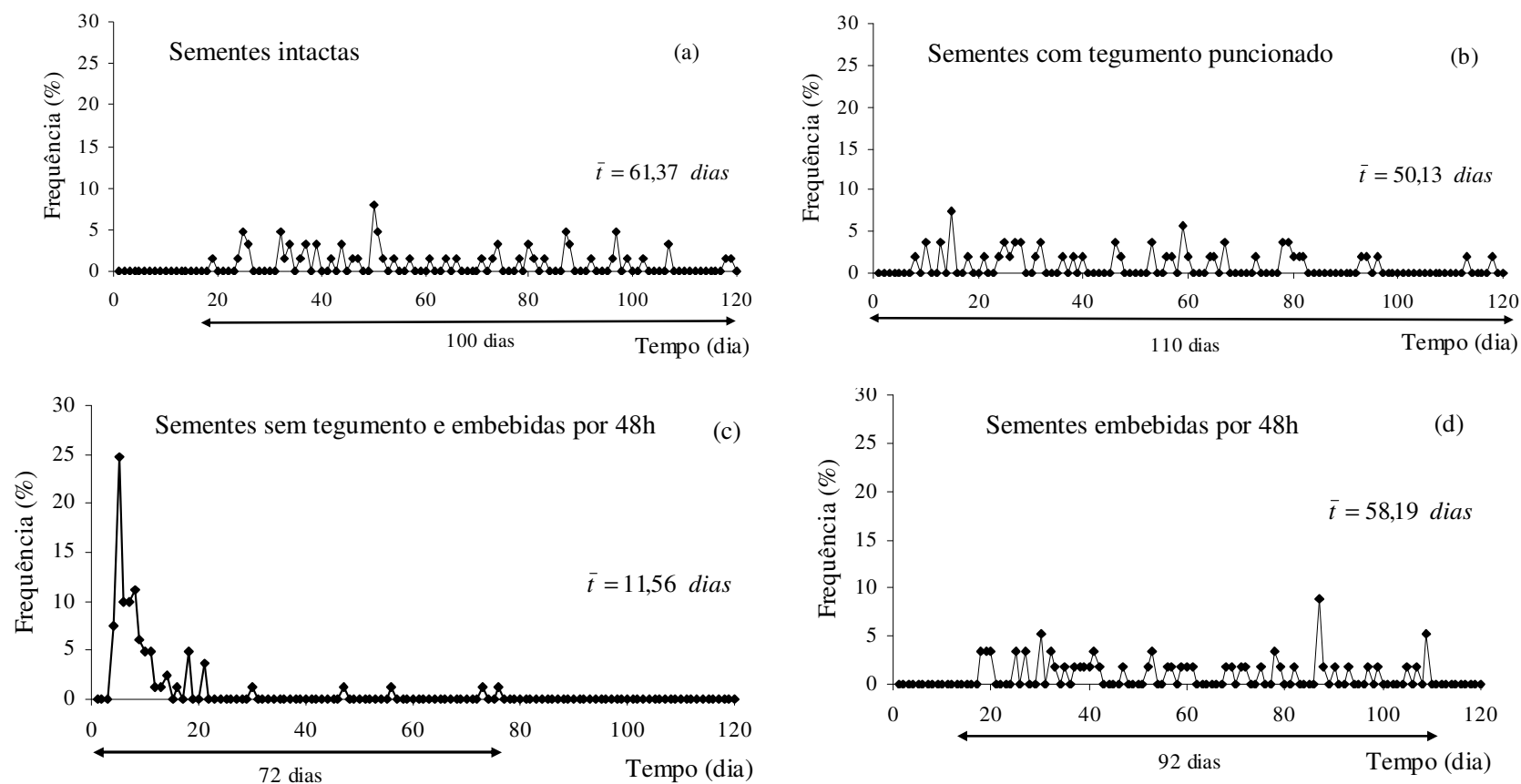


Figura 6. Distribuição da frequência percentual de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. ao longo do tempo de sementes intactas (a), com tegumento puncionado na região da micrópila (b), em sementes sem tegumento e embebidas por 48h (c) e sementes embebidas em água por 48h (d) coletadas na safra 2008 às margens do Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG e submetidos a tratamentos pré-germinativos.

Das sementes com e sem tegumento não germinadas nas caixas gerbox com areia durante 120 dias, observou-se que de 5 a 24% eram de sementes danificadas sem interferência dos tratamentos, enquanto o percentual de sementes duras sem dano e mortas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos adotados (Tabela 3). O tegumento puncionado ou retirado nas sementes aumentou o percentual de sementes mortas (15 e 8%, respectivamente). As sementes intactas, embebidas em água por 48 horas, e as embebidas em GA₃ a 10 µg mL⁻¹, elevaram o percentual de sementes duras sem danos, por estes tratamentos pré-germinativos não terem atingido os embriões, preservando-os.

Tabela 3. Classificação das sementes após o encerramento do teste de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas na safra de 2008 no município de Uberlândia, Minas Gerais, submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre areia em caixas tipo gerbox.

Tratamento ^{1,2}	Semente chocha (%)	Semente		
		sem dano (%)	Danificada (%)	Morta (%)
Sementes intactas (testemunha)	0,0 a	15,0 b	21,0 a	2,0 a
Sementes puncionadas na região da micrópila	6,0 a	11,0 b	15,0 a	15,0 c
Sementes sem tegumento embebidas em água por 48h	3,0 a	3,0 b	5,0 a	8,0 b
Sementes embebidas em água por 48h	0,0 a	29,0 a	14,0 a	0,0 a
Sementes embebidas em KNO ₃ a 0,2%	2,0 a	19,0 b	13,0 a	2,0 a
Sementes embebidas em GA ₃ a 10 µg mL ⁻¹	0,0 a	32,0 a	19,0 a	0,0 a
Sementes embebidas em GA ₃ a 100 µg mL ⁻¹	0,0 a	10,0 b	24,0 a	0,0 a
² F/H	7,27	4,073	1,261	14,71
³ Levene (F)	11,176	2,225	1,266	15,100

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelos testes de Scott-Knott ou Dunn a 0,05 de significância; ²F/H: estatísticas F de Snedecor da análise de variância e H do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis; ³F: estatística do teste de Levene; valores em negrito indicam que as variâncias são homogêneas.

3.2 Experimento da safra de 2009

A maturação das sementes de *Calophyllum brasiliense*, marcada pela redução no teor de água, foi acompanhada pela redução no percentual de germinação e, conseqüentemente, pela intensificação da dormência. Os maiores percentuais de germinação ocorreram para sementes com pericarpo túrgido e tegumento de coloração amarelada e castanho clara. Os 76% para sementes com tegumento de coloração esbranquiçada mostraram que a semente não apresentava imaturidade fisiológica nesta fase (Tabela 4).

Tabela 4. Medidas de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas na safra 2009 no município de Uberlândia, MG, em diferentes estádios de maturação, semeadas sobre vermiculita® e dispostas em caixas do tipo gerbox.

Estádios de maturação ^{1,2}	Teor de água (%)	G (%)	t_o (dia)	t_f (dia)	$\bar{t}$ (dia)	VE (sem.dia ⁻¹)	CV _t (%)	I (bit)	Z
Pericarpo túrgido; tegumento esbranquiçado	53,52 a	76,00 b	60,2 a	248,6 a	136,15 c	0,167 b	42,24 a	4,130 b	0,008 b
Pericarpo túrgido; tegumento amarelado	40,99 b	86,40 a	51,2 a	237,8 a	108,04 a	0,238 a	43,13 a	4,280 b	0,008 b
Pericarpo túrgido; tegumento castanho claro	39,99 b	86,40 a	72,6 a	254,2 a	141,21 c	0,177 b	38,85 a	4,079 b	0,018 a
Pericarpo túrgido; tegumento castanho	36,96 b	67,20 c	62,6 a	239,8 a	125,07 b	0,155 b	39,70 a	3,790 a	0,018 a
Pericarpo murcho; tegumento castanho escuro	32,79 c	60,27 c	78,0 a	243,2 a	145,79 c	0,123 c	37,05 a	3,912 a	0,003 b
³ F/H	20,27	15,04	2,84	2,48	7,43	19,15	0,72	9,22	5,35
⁴ Levene (F)	1,288	1,230	10,323	4,422	0,538	0,329	1,128	2,240	1,096

¹Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelos testes de Scott- Knott ou Dunn a 0,05 de significância; ² G: percentual de germinação; t_o : tempo inicial; t_f : tempo final; $\bar{t}$: tempo médio de germinação; VE: velocidade de emergência; CV_t: coeficiente de variação do tempo; I: incerteza e Z: sincronia; ³ F/H: estatísticas F de Snedecor da análise de variância e H do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis; ⁴F: estatística do teste de Levene; valores em negrito, indicam que as variâncias são homogêneas.

Os tempos inicial, final e coeficiente de variação do tempo não foram influenciados pelo estágio de maturação das sementes; porém, sementes com pericarpo túrgido e tegumento de coloração amarelada apresentaram tempos médios reduzidos e maiores velocidades de germinação (Tabela 4). As medidas de incerteza e sincronia na germinação foram influenciadas pelos estádios de maturação das sementes, uma vez que sementes com tegumento castanho claro e castanho tiveram maior sincronia. A uniformidade em torno do tempo médio, embora alta ($CV_i > 37\%$), não foi influenciada pelo estágio de maturação (Tabela 4).

A redução do percentual de germinação e das plântulas normais nos estádios finais de maturação e o aumento do número de sementes sem danos aparentes reforçaram o aumento da intensidade da dormência, preservando o embrião, à medida que as sementes amadureciam (Tabela 5). O estágio de maturação não esteve relacionado aos percentuais de plântulas anormais, nem mesmo com a presença de sementes chochas.

Tabela 5. Classificação de plântulas e de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. após sua abertura no encerramento do experimento, coletadas na safra 2009 no município de Uberlândia, MG em diferentes estádios de maturação e semeadas em vermiculita® em caixas do tipo gerbox.

Estádios de maturação ¹	Plântula		Semente chocha (%)	Semente ²	
	normal (%)	anormal (%)		sem dano (%)	Morta (%)
Pericarpo túrgido; tegumento esbranquiçado	69,6 b	6,4 a	4,0 a	20,0 b	0,0 a
Pericarpo túrgido; tegumento amarelado	84,0 a	2,4 a	4,8 a	5,6 c	3,2 b
Pericarpo túrgido; tegumento castanho claro	82,4 a	4,0 a	4,0 a	9,6 c	0,0 a
Pericarpo túrgido; tegumento castanho	64,0 b	3,2 a	1,6 a	31,2 a	0,0 a
Pericarpo murcho; tegumento castanho escuro	57,6 b	4,8 a	2,4 a	35,2 a	0,0 a
² F/H	9,01	0,740	0,82	22,81	13,04
³ Levene (F)	1,665	2,084	0,528	2,147	10,894

¹Médias seguidas de letras distintas na coluna, diferem entre si pelos testes de Scott-Knott ou Dunn a 0,05 de significância; ²F/H: estatísticas F de Snedecor da análise de variância e H do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis; ³F: estatística do teste de Levene; valores em negrito, indicam que as variâncias são homogêneas.

3.3 Experimentos da safra de 2010

Os teores de água das sementes inteiras e cortadas de *Calophyllum brasiliense* variaram entre 36,11 a 37,09%, quando medidos pelo método de secagem em estufa a 103°C, seja durante 24 ou 48 horas. As curvas de absorção de água das sementes, marcadas pelo aumento da massa, mostraram padrão semelhante para as sementes submetidas aos diferentes

tratamentos (Figura 7). O tempo de 75 horas foi suficiente para as sementes absorverem água e iniciarem o processo de germinação. As sementes com escarificação absorveram mais água do que aquelas com o tegumento puncionado, sendo este último o que mais embebeu. A germinação ocorreu com 202 horas apenas nas sementes sem tegumento ou com o tegumento escarificado.

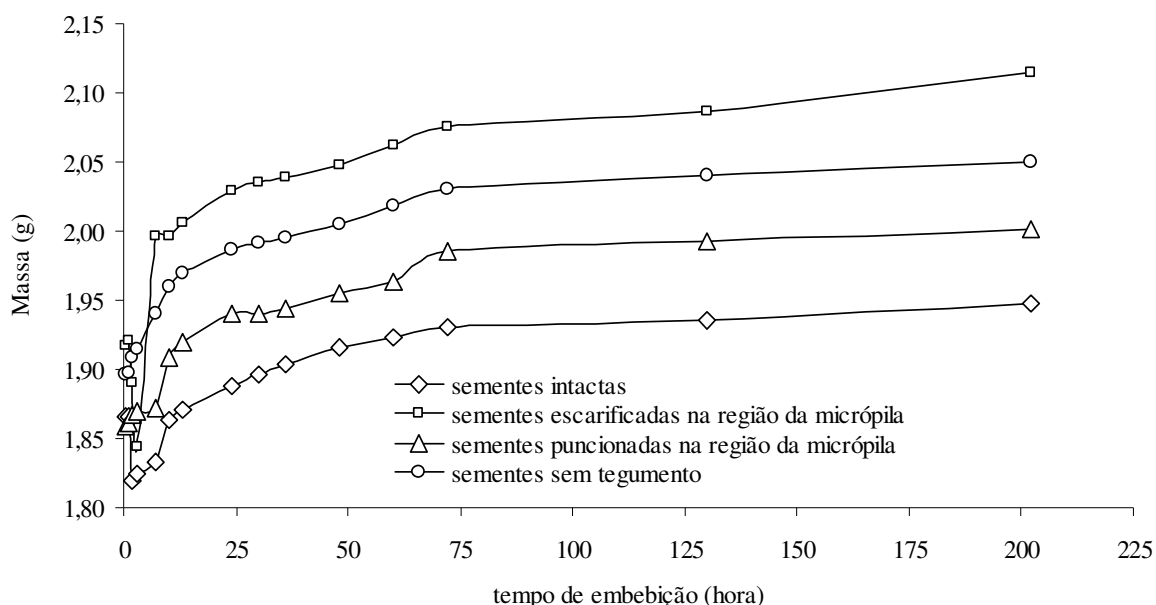


Figura 7. Curva de absorção de água das sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas no município de Tagaçaba, Paraná, PR, submetidas aos pré-tratamentos de quebra de dormência.

Sementes sem tegumento de *Calophyllum brasiliense* semeadas sobre vermiculita e dispostas em caixa do tipo gerbox apresentaram capacidade máxima de germinação (100%), com tempos inicial, médio e final reduzidos (abaixo de 9 dias), distribuição uniforme em torno do tempo médio e alta sincronia (Tabela 6). A retirada do tegumento das sementes antecipou o início da germinação para o terceiro dia, tendo um ganho de 5 dias em relação às sementes intactas. De modo similar a esse tratamento, a escarificação das sementes na região da micrópila, seguida ou não da embebição em água por 24 ou 48 horas, também possibilitam as maiores porcentagens de germinação (entre 98 e 100%) e os menores valores de tempo final, coeficiente de variação no tempo, incerteza e sincronia. A embebição das sementes intactas por 24 e 48 horas, a punção na região da micrópila e a escarificação superficial neste mesmo local, mantiveram o processo lento, com comprometimento da capacidade de germinação.

A escarificação da semente na região oposta à micrópila, a punção e a escarificação superficial na região da micrópila favoreceram a germinação, mas não foram suficientes para

aumentar a velocidade de germinação das sementes nem tampouco sua uniformidade. Desses métodos, a escarificação superficial na região da micrópila diminuiu a incerteza e aumentou a sincronia de germinação (Tabela 6).

Tabela 6. Medidas de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas na safra de 2010 no município de Tagaçaba, Paraná, PR, submetidas à tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre vermiculita® em caixas do tipo gerbox.

Tratamento pré-germinativo ^{1,2}	t_o (dia)	t_f (dia)	$\bar{t}$ (dia)	G (%)	VE (sem.dia ⁻¹)	CV_t (%)	I (bit)	Z
Sementes intactas	8,2 d	37,4 c	21,26 f	83,0 c	1,044 e	47,05 b	3,64 b	0,0259 b
Sementes sem tegumento	3,2 a	8,2 a	5,4 a	100,0 a	4,000 a	26,99 a	2,29 a	0,1926 a
Sementes embebidas em água por 24h	7,4 d	38,2 c	20,58 f	84,0 c	1,091 e	50,89 b	3,50 b	0,0405 b
Sementes embebidas em água por 48h	6,4 c	35,0 c	17,07 e	82,0 c	1,403 e	61,76 c	3,40 b	0,0456 b
Sementes escarificadas na região da micrópila	6,0 c	12,4 a	7,91 b	100,0 a	2,638 c	22,09 a	2,28 a	0,1863 a
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila e embebidas por 24 h	5,2 b	10,0 a	7,33 b	100,0 a	2,877 c	19,54 a	2,34 a	0,1842 a
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila e embebidas por 48 h	4,2 b	13,0 a	6,57 a	98,0 a	3,296 b	32,13 a	2,27 a	0,1921 a
Sementes escarificadas mecanicamente na extremidade oposta à micrópila	6,8 c	27,6 b	13,05 d	96,0 a	1,809 d	53,67 b	3,29 b	0,0686 b
Sementes puncionadas na região da micrópila	6,2 c	27,2 b	11,14 c	93,0 b	1,979 d	49,33 b	3,06 b	0,0842 b
Sementes escarificadas mecanicamente e superficialmente na região da micrópila	6,8 c	35,6 c	13,48 d	94,0 b	1,888 d	66,50 c	2,67 a	0,1810 a
³ F	15,734	32,065	47,785	9,247	66,924	11,399	12,262	5,649
⁴ Levene (F)	2,984	2,975	2,435	4,001	2,267	2,003	2,154	4,053
Transformação de dados	$\sqrt{x}$		$\sqrt{x}$	$\arccos(\sqrt{x/100})$				$\sqrt{x+1}$

¹Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; ² t_o : tempo inicial; t_f : tempo final; $\bar{t}$: tempo médio de germinação; G : percentual de germinação; VE : velocidade de germinação; CV_t : coeficiente de variação do tempo; I : incerteza e Z : índice de sincronia; ³ F : estatística de Snedecor da análise de variância; ⁴ F : estatística do teste de Levene, valores em negrito indicam variâncias homogêneas.

Na abertura das sementes que não germinaram nas caixas gerbox com vermiculita, notou-se que dos 17% das sementes com tegumento intacto, 14% das sementes não apresentaram qualquer dano aparente, assim como 11 e 16 % das sementes intactas embebidas por 48 e 24 horas, respectivamente (Tabela 7). Pelos baixos percentuais de sementes danificadas e mortas, ambas abaixo de 2%, pode-se inferir que os tratamentos pré-germinativos não causaram qualquer dano ao embrião.

Os maiores percentuais de germinação, acima de 82%, foram encontrados para sementes de *Calophyllum brasiliense* semeadas em rolo de papel, sendo neste experimento os menores percentuais encontrados em sementes com tegumento intacto e nas embebidas por 24 horas (Tabela 8). Em papel germitest, as sementes embebidas em água por 48 horas tiveram reduzido número de sementes duras sem danos, por algumas terem germinado, indicando a insuficiência do tempo, menor que 48 horas, na embebição do tegumento da semente.

A anormalidade das plântulas foi de 9% em sementes sem tegumento, aumentado este percentual entre 17 a 25% nas sementes com tegumento intacto, mesmo embebido por 48 horas. A barreira imposta pelo tegumento reduziu em 43% a quantidade de plântulas normais (Tabela 8).

Tabela 7. Classificação das sementes abertas após o encerramento do teste de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas na safra de 2010 no município de Tagaça, Paraná, PR, submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeadas sobre vermiculita® em caixas do tipo gerbox.

Tratamento ¹	semente	Semente		
	chocha (%)	sem dano (%)	danificada (%)	morta (%)
Sementes intactas	2,0 a	14,0 ab	1,0 a	0,0 a
Sementes sem tegumento	0,0 a	0,0	0,0 a	0,0 a
Sementes embebidas em água por 24h	0,0 a	16,0 a	0,0 a	0,0 a
Sementes embebidas em água por 48h	3,0 a	11,0 b	2,0 a	2,0 a
Sementes escarificadas na região da micrópila	0,0 a	0,0 e	0,0 a	0,0 a
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila e embebidas por 24 h	0,0 a	0,0 e	0,0 a	0,0 a
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila e embebidas por 48 h	0,0 a	2,0 d	0,0 a	0,0 a
Sementes escarificadas mecanicamente na extremidade oposta à micrópila	0,0 a	4,0 c	0,0 a	0,0 a
Sementes com tegumento puncionado na região da micrópila	0,0 a	6,0 cb	0,0 a	1,0 a
Sementes escarificadas mecanicamente e superficialmente na região da micrópila	2,0 a	4,0 c	0,0 a	0,0 a
² H	6,99	26,87	8,61	5,72

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Dunn a 0,05 de significância; ²H: estatística do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 8. Percentuais de germinação, classificação de plântulas (normais e anormais) e abertura de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas na safra 2010 no município de Tagaçaba, Paraná, PR, a partir de sementes submetidas a tratamentos pré-germinativos e semeados em papel gemitest.

Tratamentos pré-germinativos ^{1,2}	G (%)	Plântulas		Semente morta (%)	Semente sem dano aparente (%)
		Normal (%)	Anormal (%)		
Sementes intacta (testemunha)	82,0 b	48,0 c	34,0 b	1,0 a	17,0 a
Sementes sem tegumento	100,0 a	91,0 a	9,0 a	0,0 a	0,0 e
Sementes embebidas em água por 24h	88,0 b	62,0 bc	26,0 b	1,0 a	11,0 a
Sementes embebidas em água por 48h	90,0 ab	58,0 c	32,0 b	2,0 a	8,0 b
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila até atingir os cotilédones	99,0 a	78,0 ab	21,0 ab	0,0 a	1,0 d
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila até atingir os cotilédones e embebidos por 24 h	99,0 a	87,0 a	12,0 a	0,0 a	1,0 d
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila até atingir os cotilédones e embebidos por 48 h	98,0 a	82,0 a	16,0 ab	0,0 a	2,0 c
Sementes escarificadas mecanicamente extremidade oposta à micrópila até atingir os cotilédones	99,0 a	90,0 a	9,0 a	1,0 a	0,0 e
Sementes puncionadas na região da micrópila até atingir os cotilédones	96,0 a	79,0 ab	17,0 ab	1,0 a	3,0 c
Sementes escarificadas mecanicamente na região da micrópila não atingindo os cotilédones	96,0 a	88,0 a	8,0 a	0,0 a	4,0 c
³ F/H	4,38	9,17	4,39	8,41	18,64
⁴ Levene (F)	1,797	6,212	4,111	7,333	3,263
Transformação de dados	$\arcseno\sqrt{x/100}$	-	-	-	-

¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelos teste de Scott-Knott ou Dunn a 0,05 de significância; ²G : percentual de germinação; ³F/H: estatísticas F da análise de variância e H do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis; ⁴F: estatística do teste de Levene; valores em negrito indicam variâncias homogêneas.

O tegumento, por apresentar uma camada mais espessa e resistente na região da micrópila, inibiu mecanicamente a protrusão da radícula, retardando o processo de germinação. Mesmo com a retirada de parte do tegumento sem atingir os cotilédones, observou-se o impedimento da passagem de água pela camada mais interna do tegumento. Na abertura das sementes foi alto o índice de enovelamento da radícula na camada esponjosa (Figura 8).

A radícula se desenvolve em direção ao tegumento, próximo à região da micrópila, empurrando-a até formar um disco (Figuras 8d e 8e). Na emissão da radícula, é comum os cotilédones liberarem látex (Figura 8f), sendo que as sementes sem tegumento mudam a cor dos cotilédones de branco para verde, enquanto as sementes com tegumento não alteram a cor (Figuras 8c e 8g).

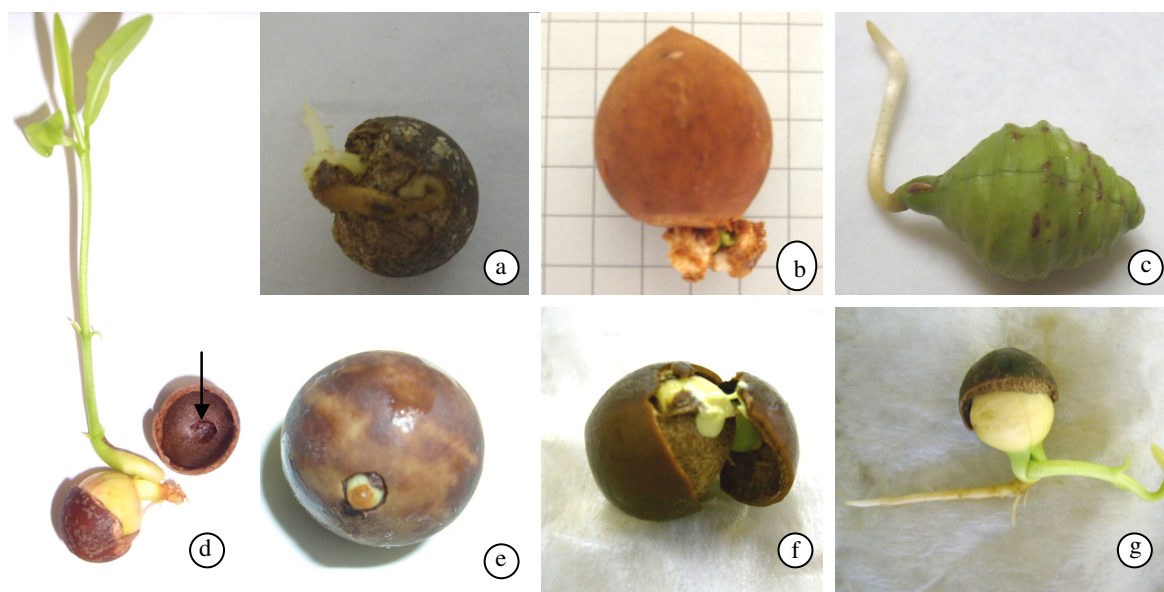


Figura 8. Sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. colhidos em 2008 e 2010, com radícula enovelada no tegumento (a); calosidade formada a partir da emissão da radícula (b); cotilédones verdes (c); orifício no tegumento formado pela força da radícula (d, e); látex liberado pelos cotilédones durante a germinação (f) e plântula oriunda de semente intacta apresentando cotilédones esbranquiçados após a retirada do tegumento (g).

4. DISCUSSÃO

Em função dos altos percentuais de germinação das sementes recém-colhidas (superiores a 90%) de *Calophyllum brasiliense* registrados na literatura (FLORA, 1825; KING, 2003; FRIDAY; OKANO, 2006; NERY et al., 2007a), sua dormência é um assunto controverso (KOZLOWSKI et al., 1991; MARQUES e JOLY, 2000; URQUHART, 2004; NERY et al., 2007a). No entanto, os experimentos com tratamentos pré-germinativos em sementes com e sem pericarpo, com e sem tegumento e em diferentes estádios de maturação, combinados ao estudo do tempo e da frequência relativa diária de germinação (observações por até 120 dias), indicaram que as sementes da espécie são dormentes.

O tegumento é a principal causa da dormência das sementes de *Calophyllum brasiliense*. Por apresentar diferentes camadas (CORNER, 1976), o tipo de dormência imposto pelo tegumento não é de natureza única. Os incrementos em massa das sementes intactas após embebição (sem pericarpo) indicaram absorção não efetiva, pois as sementes não germinam prontamente. A camada mais interna do tegumento é impermeável, pois a escarificação superficial do tegumento não é suficiente para romper a barreira física da embebição de sementes colhidas ainda com pericarpo. Segundo Corner (1976), o mesófilo interno é aerênquimatoso, de paredes finas e não lignificadas. O aerênquima é um tecido parenquimatoso, constituído por células com grandes espaços intercelulares, formando grandes cavidades preenchidas de ar, permitindo a sustentação ou flutuação dentro da água (CORNER, 1976; WERKER, 1997; SOUZA, 2009). Isso justifica os vários registros de que sementes de *C. brasiliense* em contato com a água apresentam embebição lenta (NERY, 2007a) e flutuam (CARVALHO, 1994; LOBO et al., 1995; SCARANO, 1998; MARQUES; JOLY, 2000). Por essas características, os ambientes úmidos e muito úmidos são os mais apropriados à germinação das sementes da espécie (FERREIRA et al., 2007). Em outra espécie do mesmo gênero, *Calophyllum longifolium* Willd., também ocorre a flutuação das sementes (LOPES, 2001). Segundo o mesmo autor, é comum sementes de espécies de floresta inundada se especializarem formando tecidos de baixa densidade, esponjosos e impermeáveis, prolongando a flutuação.

Além da impermeabilidade à água, Bewley e Black (1982) acrescentaram também a possibilidade de no tegumento, de várias espécies, haver inibidores químicos, restrição mecânica, impedimento da passagem de luz, gás e inibidores da germinação produzidos pelo embrião. No caso de *Calophyllum brasiliense*, a redução no tempo médio de germinação das sementes escarificadas na região da micrópila em relação às escarificadas na região oposta à

micrópila revelou uma imposição mecânica do tegumento. Talvez por ser mais facilmente detectada, essa dormência das sementes de *C. brasiliense* seja a mais relatada na literatura.

Diferente de outras espécies com sementes dormentes por restrição mecânica superada com escarificação em qualquer parte da semente, as de *Calophyllum brasiliense* possuem a particularidade de apresentarem restrição mecânica numa parte específica. Esta dormência mecânica é mais crítica na região da micrópila, pois segundo Corner (1976), à semelhança do que ocorre nas sementes de *Calophyllum inophyllum* L., a mesotesta com 4 a 8 mm tem a espessura mais grossa na região da micrópila, com tecidos diferenciados em camadas de tecidos escleróticos; dureza também registrada por Stevens (1974), em sementes de *Calophyllum soulattri* Burm. F. e *Calophyllum peekelii* Lauterb. Apesar da resistência das camadas do tegumento de *Calophyllum* ser desuniforme, a região da micrópila é ligada ao embrião por um feixe duro (STEVENS, 1974), garantindo resistência mecânica na região.

A escarificação na região da micrópila de *Calophyllum brasiliense* até atingir os cotilédones ou mesmo a punção na mesma região não comprometeu a germinação, mas aumentou os percentuais de plântulas anormais. Isso ocorreu devido à lesão das partes embrionárias, o que favoreceu a formação de calos e anormalidades. Por outro lado, a escarificação superficial do tegumento na região da micrópila aumentou o percentual de germinação e o de plântulas normais, à semelhança do que ocorreu quando as sementes foram semeadas sem o tegumento. O enovelamento da radícula nas camadas de tecido do tegumento é a anormalidade mais frequente nesta espécie.

Se a capacidade de germinação fosse o único indicador de dormência das sementes de *Calophyllum brasiliense*, este mecanismo estaria descartado para a espécie, uma vez que na safra de 2010, o percentual de germinação foi superior a 82%. Contudo, esta alta capacidade de germinação foi alcançada com 40 dias após a semeadura para sementes que apresentavam altos teores de água (36%) e foram colhidas no chão (pré-embebidos), sem pericarpo. Considerando-se dormentes as sementes que não germinam em 30 dias (BASKIN; BASKIN, 2004), *C. brasiliense* com tempos finais elevados (acima de 30 dias) e falta de sincronização da germinação, mesmo em sementes sem tegumento (safra 2008), indicam a presença de dormência relativa nas sementes. Esse tipo de dormência foi apontado por Labouriau (1983) e Cardoso (2004; 2009), e também pode ser percebido em *Calophyllum inophyllum*, sendo que Allen (1997) conseguiu apenas reduzir o tempo de germinação de 57 (sementes intactas) para 38 dias, com a remoção do tegumento. Nos experimentos não foi possível comprovar a dormência fisiológica, uma vez que os reguladores de crescimento não foram aplicados às sementes sem tegumento, pois esta camada da semente não permitiu, pela barreira física, que

o regulador atingisse o embrião. Embora Flores (2002) tenha relatado que o embrião é bem desenvolvido, provavelmente pelo tamanho dos cotilédones, o eixo hipocótilo-radicular é, segundo Corner (1976), pouco visível, característica da tribo Calophylleae.

A ausência de picos nas distribuições de frequência de germinação das sementes intactas inviabiliza o uso do tempo médio de germinação na caracterização da espécie e possivelmente é a causa das grandes discrepâncias encontradas na literatura. O tempo final de 120 dias para sementes colhidas ainda com pericarpo e de 40 dias para as colhidas sem essa estrutura mostrou que o estágio de coleta das sementes determina o tempo de germinação. Esse fato pode explicar a diferença do percentual de germinação de sementes intactas de 35,65 % (46 dias) (FERREIRA et al., 2007) para 83% (40 dias) sob condições semelhantes (caixa gerbox com vermiculita à luz branca à 25°C). Na literatura, os tempos médios de germinação de *Calophyllum brasiliense* variaram entre 12 e 28 dias para sementes escarificadas e submetidas às temperaturas de 25 e 30° C (NERY, 2007a). Para outra espécie do mesmo gênero, *Calophyllum inophyllum*, foram encontrados tempos médios de germinação de 22 dias para sementes sem tegumento, 38 dias para sementes com tegumento trincadas e de 57 dias para as sementes intactas (PARRAS, 1939).

As condições ambientais de microelevação e estágio sucessional da floresta também afetam o tempo de germinação em *Calophyllum brasiliense*, podendo este dobrar dependendo das condições ambientais a que as sementes são submetidas (39,2 semanas em remansos e 21,7 semanas em barragens) (KING, 2003). Segundo Floriano (2004), o substrato e o recipiente influenciam a disponibilidade de água, gases, nutrientes, temperatura e luz para as sementes. No caso específico de *C. brasiliense*, as sementes tiveram percentual de germinação semelhante às semeadas em vermiculita® e papel germitest®, mas com o uso de areia como substrato, obteve-se 62% de germinação para sementes intactas durante 120 dias.

Segundo Scarano (1998), em várias espécies, a flutuação dos frutos está associada à heterogeneidade e à duração da dormência, afundando as de dormência prolongada. Em *Calophyllum brasiliense*, a viabilidade das sementes é reduzida após 10 semanas de flutuação (KOZLOWSKI et al., 1991; SCARANO, 1998), não germinando em água parada (URQUHART, 2004). A variação na dormência das sementes desta espécie possibilita o estabelecimento de algumas plântulas, quando o solo da área inundada fica exposto (KOZLOWSKI et al., 1991). Na dispersão dos frutos, a queda das sementes em função da atividade dos morcegos favorece a rachadura ou a quebra do tegumento, além de a presença das enzimas salivares reduzirem a dureza e a impermeabilidade destas (KOZLOWSKI et al., 1991). A dominância das espécies da família Clusiaceae em regiões inundadas é devido à

irregularidade do solo, que proporciona a formação de bolsas de água (SCARANO, 1998). Essa característica de *C. brasiliense*, de dispersão das sementes por hidrocória, proporciona a formação de bancos de sementes flutuantes e a formação de manchas devido à concentração de plântulas (MARQUES, 1994; SCARANO, 1998), embora Lopes (2001) tenha observado que apenas 20% das sementes de *Calophyllum longifolium* boiam.

Durante o desenvolvimento das sementes, observou-se que elas apresentam capacidade para germinar antes do aparecimento da dormência, descartando a dormência fisiológica causada pela imaturidade do embrião. Embora para confirmar essa hipótese, tenham sido encontrados na pesquisa de Flora (1825), percentuais de germinação entre 70 a 100 % em sementes sem tegumento, 95% com tegumento quebrado e 75% com fruto inteiro. A embebição e a dureza do tegumento das sementes de *Calophyllum brasiliense* estão relacionadas com o seu desenvolvimento e maturação, em que as sementes mais novas, com menor desenvolvimento do tegumento, apresentam maior permeabilidade, diminuindo com o avanço da estruturação do tegumento. Segundo Souza (2009), a impermeabilidade do tegumento à água ocorre nos períodos finais do desenvolvimento da semente.

O elevado teor de água nas sementes desta espécie também foi encontrado por NERY et al. (2007c), que detectaram a redução da germinabilidade em sementes com teores de água abaixo de 20,9%. Em *Calophyllum longifolium* as sementes tiveram 59% de teor de água (submetido à estufa a 103°C por 17 horas) (SAUTU et al., 2006). Para justificar a elevada umidade na semente, verificou-se em literatura que a germinação da semente de *Calophyllum brasiliense* é sensível à dessecação (CARVALHO et al., 2006; NERY et al., 2007c), sendo classificada por vários autores como recalcitrante (FLORES, 1993; CARVALHO et al., 2006; NERY et al., 2007c, VASQUEZ et al., 2005). Diante disso, a impermeabilidade do tegumento das sementes pode prolongar a perda de água no armazenamento, mesmo por períodos curtos.

5. CONCLUSÕES

As sementes de *Calophyllum brasiliense* apresentam dormência relativa e tegumentar, sendo esta última causada pela restrição física à entrada de água, além de restrição mecânica à saída da radícula na região da micrópila;

A germinação das sementes sem tegumento atinge 81% em 43 dias, enquanto nas sementes com tegumento, a germinação é de 62% em 104 dias;

A germinação das sementes intactas, embebidas ou puncionadas se distribuiu com baixa frequência ao longo do tempo e com amplitude acima de 92 dias;

A redução nos teores de água das sementes nos estádios finais de maturação de 54 para 33% aumenta a intensidade de dormência das sementes da espécie. Sendo assim, as sementes devem ser colhidas ainda na árvore, quando o tegumento apresentar coloração entre amarelo e castanho claro;

Com a escarificação do tegumento na região da micrópila, sem atingir os cotilédones, em sementes colhidas no solo sem pericarpo, o percentual de germinação alcança 94%, e o de plântulas normais, 88%;

Sementes sem tegumento apresentam alta capacidade de germinação (entre 81 e 100%) e de formação de plântulas normais (91%), mas as partes lenhosas do tegumento dificultam sua extração e comprometem a integridade dos cotilédones.

6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. A. *Calophyllum inophyllum* L. Paul Smiths College, Paul Smiths, p. 357-359, 1997. Disponível em:
<<http://govdocs.evergreen.edu/pdf/usda/aghandbooks/721/species/calophyllum-inophyllum.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2011.
- BADRAN, O. A.; EL-LAKANY, M. H.; HARIDI, M. B. Biochemical changes during storage of Norfolk Island Pine seeds (*Araucaria excelsa*). In: IUFRO INTERNATIONAL SYMPOSIUM. **Proceedings**, Tokio, p. 209- 217, 1976.
- BARROSO, G. M. et al. **Frutos e sementes**: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: Editora da UFV, 1999. 443 p.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Califórnia, v.14, n.1, p.1-16, 2004.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.7, p.1055-1066, 1997.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Phytochrome controls achene germination in *Bidens pilosa* L (Asteraceae), by very low fluence response. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.44, n.2, p.121-124, 1982.
- BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.) **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.109-123.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 1992. 365p.
- BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia – MG, utilizando imagens ETM⁺/Landsat 7. **Sociedade e natureza**, Uberlândia, v.17, n.32, p. 37-46, 2005.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. E. (orgs.). **Germinação: do Básico ao Aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.13, n. 4, p.619-631, 2009.

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

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

CATIE, R. S.; DFSC, D. J. *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Nota Técnica sobre Seed Leaflet**, Humlebaek, n. 46, 2000. 2 p.

CORNER, E. J. H. Clusiaceae. In: _____. (Ed.) **The seeds of dicotyledons**, Cambridge: Cambridge University Press, v.1, p. 97-103, 1976.

EIRA, M. T. S.; CALDAS, L. S. Seed dormancy and germination as concurrent processes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, n.1, p. 85 - 104, 2000.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: editora Blucher, 1974. 293 p.

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

FIGLIOLIA, M. B. Colheita de sementes. In: SILVA, A.; PIÑA RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, Série Registros, v.14, p.1-12, 1995.

FISCHER, E.; SANTOS, A. M. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense*. (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 17, p. 903-907, 2001.

FLORA. *Calophyllum brasiliense* Cambess.- Clusiaceae. **Flora Brasiliae Meridionalis 1**, 321, p. 67, 1825. Disponível em:

<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/24-guttillm.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2011.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, p. 13 -119, 2002.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense*. In: _____. (Ed.). **Trees and seeds from the Neotropics**. Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica. 1993, v. 3, n. 1.

FLORES, E. M. Recalcitrant tree seed species of socio-economic importance in Costa Rica: state of knowledge of physiology. In: QUÉDRAOGO, A. S.; POUSELN, K.; STUBSGAARD, F. (Ed.). **Intermediate/recalcitrant tropical forest tree seeds**. Rome: IPGRI, p. 136-143, 1996.

FLORIANO, E. P. Germinação e dormência de sementes florestais. **Caderno Didático**. Santa Rosa: ANORGS, 2004. n. 2, 19 p.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 27 p. (Documentos, 40).

FRIDAY, J. B.; OKANO, D. *Calophyllum inophyllum* (kamani). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**. Hōlualoa Hawai'i: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2006, 17p. Disponível em: < <http://www.traditionaltree.Org>>. Acesso em: 14 set. 2008.

KAWAGUICI, C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Diversidade genética de três grupos de indivíduos (adultos, jovens e plântulas) de *Calophyllum brasiliense* em uma população de mata de galeria. **Scientia Forestales**, Piracicaba, n. 59, p. 131-143, 2001.

KING, R. T. Succession and Micro-elevation Effects on Seedling Establishment of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) in an Amazonian River Meander Forest. **Biotropica**, Indianapolis, v.35, n.4, p. 462-471, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948, 479 p.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. New York: Academic Press, 1991. 657 p.

KRAMER, J. P.; KOSWLOSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1972. 745 p.

LABOURIAU, L. G. ; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da academia brasileira de ciências**, v. 48, 1976, Rio de Janeiro, p. 263-284, 1976.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos. 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. A. On the frequency isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant & Cell Physiology**, Cary, 19, p. 507-612, 1978.

LOBO, P. C.; MARQUES, M. C. M.; LIEBERG, S.; JOLY, C. A. Aspectos sobre a germinação e o estabelecimento de plantas de três espécies ocorrentes na Bacia do rio Jacaré-Pepira, Brotas, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP / Universidade de São Paulo, 1995. p. 320.

LOPEZ, O. R. Seed flotation and postflooding germination in tropical *terra firme* and seasonally flooded forest species. **Functional Ecology**, London, v.15, n. 6, p.763-771, 2001.

LORENZI, H. **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, p.134, 1992.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p.176-177, 1962.

MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos do Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess. Clusiaceae) em uma mata ciliar de município de Brotas**. 1994. 84f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1994.

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, 2000a.

MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v.14, n.1, p.113-120, 2000b.

MAYER, A. M. **The germination of seeds**. 4 ed. Great Britain: Pergamon Press, 1989. 270p.

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

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M.; 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.; SANTOS, F. M.; NERY, M. C.; PEREIRA, V. B.; HARO, M. M. Efeito do grau de umidade na qualidade de sementes de *Calophyllum brasiliense* cambess. (Clusiaceae). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu, MG. **Resumo ...** Caxambu: Instituto de Biologia da Universidade de São Paulo, 2007c. p.1-2.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburg Journal of Botany**, Edinburgh, v. 52, p.141-194, 1995.

PARRAS, V. Comparison of different methods of germinating bitaog. **Philippine Journal of Forestry**, v. 2, p. 57-62, 1939.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN. 1985. 289 p.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, London, v. 68, p. 849-862, 1980.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.1, p. 1-11, 2006.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto Madeiras de Santa Catarina**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978. 320 p.

RIBEIRO, K. T.; MORAES, L. F. D.; SCARANO, F. R. Germinação e estabelecimento de *Calophyllum brasiliense* Camb. em terreno irregular de floresta Atlântica inundável. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP / Universidade de São Paulo, 1995. p.165

SAUTU, A.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C., CONDIT, R. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 234, p. 245–263, 2006.

SCARANO, F. R. A comparison of dispersal, germination and establishment of wood plants subjected to distinct flooding regimes in Brazilian flood-prone forests and estuarine vegetation. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C. (ed.). **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics**. Rio de Janeiro: Series Oecologia Brasiliensis - PPGE-UFRJ, v. 4, p. 177-193, 1998.

SCHIAVINI, I. **Estrutura das comunidades arbóreas de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga**. 1992. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal), Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

SILVA JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E.; FELFILI, J. M. Flora lenhosa das matas de galeria no Brasil central. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 2, p. 57-75, 1998.

SIMPSON, G. M. Environmental influences on seed dormancy. In: _____. (Ed.). **Seed dormancy in grasses**. New York: Cambridge University Press, 1990. 297 p.

SOUZA, L. A. **Sementes e plântulas: germinação, estrutura e adaptação**. Ponta Grossa: Todapalavra, 2009. 279 p.

SPINO, C.; DODIER, M.; SOTHEESWARAN, S. Anti-HIV coumarins from *Calophyllum* seed oil. **Bioorganic Medicinal Chemistry Letters**. Amsterdam, v. 8, n. 24, p. 3475-3478, 1998.

SPJUT, R. W. A systematic treatment of fruit types. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, Bronx, v. 70, p. 1-82, 1994.

STEVENS, P. F., A review of *Callophyllum* L. (Guttiferae) in Papuasias. **Australian Journal of Botany**, East Melbourne, v. 22, p. 349-411, 1974.

URQUHART, G. R. Flood-tolerance and flood-escape mechanisms for seeds and seedlings of common swamp trees of Central America. **Tropical Ecology**, Banaras Hindu, India, v. 45, n. 2, p. 197-208, 2004.

VAN ROOSMALEN, M. G. M. Guttiferae. In: _____. (Ed.). **Fruits of the Guianan Flora**. Wageningen: Silvicultural Department - Agricultural University, 1985. 483 p.

VASQUEZ, W.; THOMSEN, K. A.; DULLOO, J. D. Desiccation and storage of seeds of *Astronium graveolens* and *Calophyllum brasiliense*, two native species of Costa Rica. In: SACANDÉ, M.; JØKER, D.; DULLOO, M. E.; THOMSEN, K. A. (Ed.). **Comparative storage biology of tropical tree seeds**, Rome: IPGRI, p. 285-294, 2005.

VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. D. **Métodos de Quebra de Dormência de Sementes**. Piracicaba: IPEF-LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, 1997. Disponível em: <<http://www.ipef.br/sementes/>>. Acesso em: 16 jul. 2010.

VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 2002. p.353-356. (Agriculture Handbook, 721).

WERKER, E. **Seed anatomy**. Berlin: Gebrüder Borntraeger. (Handbuch der Pflanzenanatomie). 1997. 424 p.

CAPÍTULO III

VARIABILIDADE NA EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS E NO ESTABELECIMENTO DE PLANTAS DE *Calophyllum brasiliense* Cambess. 2011. 37 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia.¹

Resumo: Em função da capacidade de *Calophyllum brasiliense* em expressar diversidade e variabilidade genética entre e dentro de populações, os objetivos foram o de caracterizar e analisar essas variabilidades quanto às medidas de emergência de plântulas da espécie, determinar a magnitude das correlações entre essas medidas e avaliar a capacidade de estabelecimento das plantas. No município de Uberlândia, nas margens do Rio Uberabinha e Rio das Pedras (Mata Ciliar) e Parque do Sabiá (Mata de Galeria), foram selecionados 15 indivíduos de *C. brasiliense*. Desses, sementes de 13 indivíduos foram utilizadas para avaliar medidas de emergência de plântulas. O experimento foi conduzido em laboratório, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições de 20 sementes. Para avaliar estabelecimento das plantas, frutos de 11 indivíduos foram despolpados e as sementes separadas por indivíduo e semeadas em bandejas multicelulares. Quando as plântulas atingiram cerca de 4 cm de altura foram transferidas para tubetes de 180 cm³ contendo substrato comercial Bioplant® e 1 g de Osmocote®. Após seis meses em viveiro, as plantas com altura superior a 15 cm foram selecionadas e aclimatadas durante 15 dias a pleno sol. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos correspondentes a 11 indivíduos com cinco repetições, sendo cada parcela composta de 10 plantas, em espaçamento de 3 x 3 m e profundidade de 30 cm. A variabilidade das medidas de emergência de plântulas de *C. brasiliense* é maior entre indivíduos, principalmente quanto ao percentual de emergência das plântulas. A capacidade máxima de emergência das plântulas é alta, acima de 90%, sem qualquer pré-tratamento das sementes; porém, pode gastar até 365 dias para atingir este percentual. Apesar de *C. brasiliense* ter ocorrência natural em áreas com saturação hídrica, a espécie apresenta sobrevivência superior a 90% em solo drenado de Cerrado, após 90 dias de implantação, embora esta sobrevivência das plantas seja variável entre os indivíduos.

Palavras-chave: sementes, guanandi, germinação, sobrevivência de plantas.

¹Orientadora: Denise Garcia de Santana – UFU

VARIABILITY IN SEEDLING EMERGENCE AND ESTABLISHMENT OF PLANTS OF *Calophyllum brasiliense* Cambess. 2011. 34 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy / Crop Science) - University of Uberlândia.¹

Abstract: Depending on capacity of *Calophyllum brasiliense* on expressing diversity and genetic variability among and within populations, the objectives were to characterize and analyze such variability on measures of emergence of species, determine magnitude correlations between these measures and assess the ability of plant establishment. In Uberlândia, on the Uberabinha River and Pedras River (Riparian Forest) and Park of Sabiá (gallery forest) were selected 15 individuals of *C. brasiliense*. Of these, 13 individuals diaspores were used in the experiment of emergency measures conducted in laboratory of seedlings in a randomized design with five replicates of 20 diaspores. For the establishment of plants, fruits from 11 individuals were pulped and separated by individual diaspores and sown in multicellular trays. When the seedlings were about 4 cm in height were transferred to tubes containing 180 cm³ Bioplant ® commercial substrate and 1 g of Osmocote ®. After six months in the nursery, the plants taller than 15 cm were selected and acclimated for 15 days under sun. The experiment was conducted in a randomized block design, with treatments corresponding to 11 individuals with five replications, each plot contained 10 plants in a density of 3 x 3 m depth of 30 cm. The variability of the measures of emergence of *C. brasiliense* is higher among individuals, mainly in the percentage of germination. The maximum seedling emergence is high, above 90 % without any pretreatment of the seeds, but can spend up to 365 days to reach this percentage. Although *C. brasiliense* has natural occurrence in areas with water saturation, the species has more than 90% survival in dry soil of Savannah after 90 days of deployment, although this plant survival is variable among individuals.

Keywords: seeds, guanandi, germination, survival of plants.

¹Guideline: Denise Garcia de Santana - UFU

1. INTRODUÇÃO

Calophyllum brasiliense Cambess. (Clusiaceae) é uma espécie arbórea, de ampla ocorrência em matas de galeria (KAWAGUICI; KAGEYAMA, 2001) e matas ciliares (CARVALHO et al., 1996; TONIATO et al., 1998; BATTILANI et al., 2005), áreas restritas a pequenos remanescentes na região do Triângulo Mineiro (ARAÚJO; HARIDASAN, 1997). Em mata ciliar, os indivíduos se reproduzem por cruzamentos mistos, predominantemente por alogamia, sendo diferenciados pela origem de cruzamentos bi-parentais (irmãos-completos, descendentes dos mesmos genitores que provêm dos mesmos gametas), enquanto em mata de galeria, se reproduzem, em grande parte, por cruzamentos aleatórios (meios-irmãos, descendentes dos mesmos genitores, que provêm de diferentes gametas) (SOUZA, 2006). O primeiro registro de flores masculinas em *Calophyllum* foi feita por Fisher e Santos (2001), embora a dioicia seja conhecida para o gênero nas regiões tropicais do velho Mundo (STEVENS, 1980). Em *C. brasiliense*, a polinização ocorre entre flores hermafroditas e masculinas, em indivíduos separados ou no mesmo indivíduo (STEVENS, 1974).

A espécie tem dispersão ampla e descontínua, formando grandes agrupamentos (CARVALHO et al., 1996; MARQUES; JOLY, 2000a; PANNUTI, 2009), com floração e frutificação supra-anual e irregular (NEWSTROM et al. 1994); irregularidade também descrita para *Calophyllum calaba* L. (MARSHALL, 1939). A variabilidade e a diversidade genética dentro de uma mesma população são maiores do que entre populações (BOTREL et al., 2006; SOUZA et al., 2007). Além disso, a diversidade genética é alta quando comparada à de outras espécies arbóreas (REIS et al., 2009). Por apresentar três tipos diferentes de dispersão (barocoria, quiropterocoria e hidrocoria), os frutos dificilmente apresentarão distribuição limitada às proximidades dos parentais (PANUTTI, 2009), ainda que Reis et al. (2009) tenham apontado que para distâncias de até 10 m existe a probabilidade dos indivíduos apresentarem alelos idênticos por descendência.

A espécie está sujeita a inundações periódicas, com alternância de períodos secos e chuvosos (MARQUES, 1994; KAWAGUICI; KAGEYAMA, 2001; BOTREL et al., 2006). Esse fator pode levar à quebra da comunidade de plantas (LOPEZ, 2001) e impor severas restrições à dispersão dos frutos e ao estabelecimento das plântulas (GRIME, 1979; RAND, 2000). Na regeneração natural em matas de galeria, a maior mortalidade de plântulas da espécie foi devida ao soterramento no período chuvoso (MARQUES; JOLY, 2000a) e,

mesmo assim, a variabilidade genética foi maior entre plântulas do que entre indivíduos jovens e adultos (KAWAGUICI; KAGEYAMA, 2001).

Embora a espécie seja encontrada com frequência em solos com saturação hídrica (CARVALHO, 1996; TONIATO et al., 1998; KAWAGUICI; KAGEYAMA, 2001; BATTILANI et al., 2005), em função da utilização de mecanismos que permitem seu estabelecimento e desenvolvimento nessas condições (URQUHART, 2004), a espécie não está restrita a solos úmidos. Ainda segundo o autor, plântulas de *Calophyllum brasiliense* não sobrevivem submersas em água por um período contínuo de seis semanas; as sementes permanecem viáveis, mas não germinam. As plântulas crescem bem em solos ácidos, com pH entre 4,5 e 6,0 (PIOTTO et al., 2003), com crescimento lento até a abertura de clareiras (MARQUES; JOLY, 2000a).

Em função da capacidade de *Calophyllum brasiliense* em expressar no processo de emergência e no estabelecimento das plantas parte da variabilidade entre e dentro de populações, os objetivos foram o de caracterizar e analisar essas variabilidades quanto às medidas de emergência de plântulas da espécie; determinar a magnitude das correlações entre essas medidas e avaliar a capacidade de estabelecimento das plantas em solo drenado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

No município de Uberlândia, nas margens do Rio Uberabinha (18° 59' 54,1"S e 48° 05' 53,3"W), Parque do Sabiá (18° 54' 52"S e 48° 14' 02"W) e Rio das Pedras (18° 51' 28,4"S e 48° 27' 52,3"W), foram selecionados 15 indivíduos de *Calophyllum brasiliense* (Tabela 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e secas no inverno. De acordo com os dados da base climatológica do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia em Uberlândia, MG, no ano de 2008 as médias de temperaturas máxima e mínima foram de 30,2 ± 8,8 °C e 13,5 ± 3,2 °C, respectivamente, com pluviosidade anual em torno de 1.632 mm e umidade relativa do ar entre 51 a 62% no inverno e entre 85 a 90% no verão.

Nos três locais a identificação foi feita por comparação com espécimes depositadas no *Herbarium Uberlandensis*, Uberlândia, MG. Os 15 indivíduos foram georeferenciados, numerados, medidos quanto à altura e diâmetro à altura do peito (DAP) (Tabela 1). Os critérios de seleção foram indivíduos adultos, em fase reprodutiva, com fuste reto, ausência ou reduzido número de ramificações laterais e distância mínima entre eles de 50 m.

Tabela 1. Tipo de fitofisionomia predominante, características da área e georeferenciamento dos indivíduos de *Calophyllum brasiliense* Cambess. localizados no Parque Municipal do Sabiá, Rio das Pedras e Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG.

Fitofisionomia ¹	Local	Características da área	Indivíduos	Coordenada geográfica	DAP (cm)	Altura (m)
Mata Ciliar	Rio Uberabinha	Mata semidecídua como cobertura original, com 50 m de margem a partir do rio, sobre Latossolo Vermelho distrófico drenado (BRITO; PRUDENTE, 2005), sujeita a inundação quando o rio transborda. Contornada por vereda extremamente degradada pela ocupação antrópica e atividade agropastoril.	1	18°59'54,4"S 48° 05'53,6"W	101,0	8,30
			2	18°59'57,3"S 48°05'69,1"W	81,2	8,92
			3	18°59'55,2"S 48°05'54,5"W	62,2	7,54
			4	18°59'55,7"S 48°05'58,6"W	86,7	8,53
			5	18°59'55,9"S 48°05'59,2"W	103,5	7,38
Mata de Galeria	Parque do Sabiá	Remanescente de vegetação nativa de 30 ha, composta fisionomicamente por uma mistura de mata mesófila, mata de galeria, cerradão e vereda, sendo classificada de acordo com Ribeiro e Walter (1998) como mata estacional semidecídua. No local, o extrato arbóreo apresentava altura entre 5 e 15 m; indivíduos emergentes sobre solo úmido durante quase todo o ano, em situação bastante antropizada.	6	18°54'45,5"S 48°14'13,3"W	55,0	11,7
			7	18°54'46,6"S 48°14'13,2"W	68,2	7,20
			8	18°54'37,5"S 48°14'29,4"W	96,8	9,57
			9	18°54'38,4"S 48°14'29,4"W	82,4	10,24
			10	18°54'39,6"S 48°14'29,4"W	101,5	7,52
Mata Ciliar	Rio das Pedras	Cobertura vegetal caracterizada por espécies típicas de cerradão e mata semidecídua, em condições de destruição pela ocupação antrópica. A distribuição dos indivíduos no transecto variou dentro da mata de 10 a 25 m da margem do rio, com diferentes tipos de solo, de arenoso a argiloso-arenoso e de encharcado a drenado.	11	18°51'29,2"S 48°27'52,9"W	97,4	7,51
			12	18°51'30,2"S 48°27'53,4"W	102,3	6,94
			13	18°51'30,9"S 48°27'54,2"W	89,2	7,12
			14	18°51'31,8"S 48°27'54,9"W	107,3	6,25
			15	18°51'33,1"S 48°27'55,4"W	105,2	8,54

DAP: Diâmetro à altura do peito (altura de 1,30 m do solo)

2.1 Variabilidade na emergência de plântulas

Em julho de 2008 foram coletados frutos de 13 indivíduos, dos quais cinco estavam nas margens do Rio Uberabinha (1, 2, 3, 4 e 5), três no Parque Municipal do Sabiá (8, 9 e 10) e cinco nas margens do Rio das Pedras (11, 12, 13, 14 e 15). Os frutos coletados e numerados foram despulpados (retirada do pericarpo), permanecendo as sementes composta pelo embrião envolvido pelo tegumento, este formado pelas várias camadas da testa e pelo endocarpo que, segundo Corner (1976), é uma fina camada não lenhosa, colapsada na testa. Os teores de água das sementes foram obtidos após secagem em 103 ± 2 °C durante 24 horas (BRASIL, 1992), a partir de três repetições com duas sementes, segundo a expressão: $(MMF - MMS)/MMF * 100$, em que; *MMF*: massa da matéria fresca e *MMS*: massa da matéria seca.

O experimento de emergência de plântulas foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos correspondentes aos 13 indivíduos, com cinco repetições de 20 sementes por parcela. As sementes foram colocadas em caixas tipo gerbox contendo vermiculita umedecida com 25 mL de água destilada, mantidas em câmara de germinação (Seedburo Equipment Company, modelo MPG-2000), com temperaturas médias máxima e mínima de $29,6 \pm 1,2$ °C e $26,4 \pm 0,9$ °C, respectivamente, sob luz branca fluorescente contínua e umidade relativa variando de 30 a 55%. As observações foram diárias, durante 366 dias, tendo como critério de emergência a exposição de qualquer parte da plântula acima do substrato.

Pelo fato das sementes de *Calophyllum brasiliense* possuírem látex (Figura 1a), não foi possível usar o sal de tetrazólio (cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio) nas sementes não germinadas após os 366 dias para determinar a viabilidade; porém, todas as sementes foram exumadas e observadas visualmente. Nessa análise visual, as sementes foram cortadas transversalmente ao meio com bisturi e os embriões classificadas como sem danos, quando apresentaram cotilédones totalmente desenvolvidos, consistência e textura firmes e coloração branco-amarelada (Figura 1b); sementes chochas, sem embrião (Figura 1d), e sementes com danos aparentes, com os cotilédones castanhos e/ou necrosados e mortas (Figura 1c).

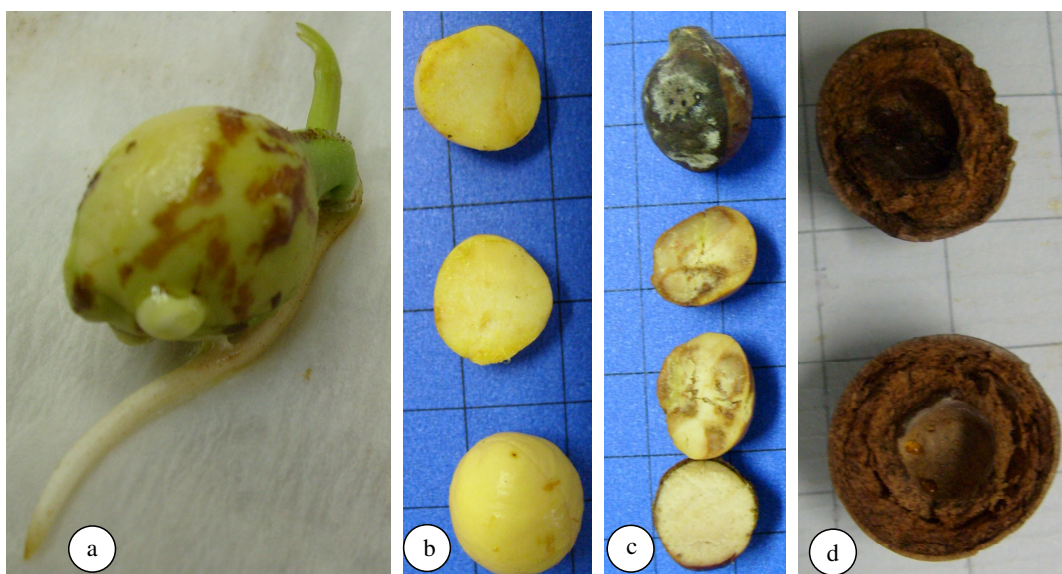


Figura 1. Características visuais das sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess.: presença de látex na semente sem tegumento (a), sementes sem danos aparentes (b); sementes danificadas e mortas (c); sementes chochas (d) após exumação, aos 366 dias após a semeadura.

Das leituras diárias de plântulas emergidas, calculou-se o percentual de emergência, tempos inicial, médio e final de emergência (LABOURIAU, 1983), velocidade de emergência (MAGUIRE, 1962), coeficiente de variação do tempo (RANAL; SANTANA, 2006), incerteza (LABOURIAU; VALADARES, 1976) e sincronia (PRIMACK, 1980).

Para cada medida, foram testadas a normalidade dos resíduos da ANOVA pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade entre as variâncias pelo teste de Bartlett. Por não atender a homogeneidade, o tempo inicial foi transformado em $\sqrt{x}$. As variâncias de incerteza (I) e sincronia (Z) foram heterogêneas, mesmo com a transformação dos dados, e para essas medidas aplicou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido do teste de Dunn. Para as demais medidas, aplicou-se a análise de variância seguida pelo teste de Scott-Knott, mesmo com falta de normalidade dos resíduos, em função da robustez do teste com o não atendimento a essa pressuposição (BORGES; FERREIRA, 2003). Para a significância de todos os testes estatísticos utilizou-se $\alpha = 0,05$.

Para o estudo da associação entre as medidas de emergência de plântulas, a correlação linear de Pearson foi aplicada aos resíduos das medidas, segundo metodologia proposta por Santana e Ranal (2006) e testada pelo t de “Student” a 0,01 e 0,05 de significância. Para as magnitudes das correlações, foram adotados os critérios de Davis (1971), onde valores de r

entre 0,01 e 0,09 foram considerados insignificantes; entre 0,10 e 0,29 baixos; entre 0,30 e 0,49 moderados; entre 0,50 e 0,69 substanciais; entre 0,70 e 0,99 muito altos e $r = 1,0$ correlação perfeita. Distribuições de frequência percentual de emergência ao longo do tempo, adaptadas de Labouriau e Pacheco (1978), foram construídas para cada indivíduo e agrupadas quanto à amplitude da emergência (diferença entre o final e o início da emergência) de até 6 meses, entre 6 e 9 meses e de 9 a 12 meses.

2.2 Contribuição relativa de populações e de indivíduos para a variabilidade

Para o estudo da contribuição relativa do efeito das populações e dos indivíduos dentro de população para cada medida de emergência, aplicou-se o modelo de classificação hierárquico (Nested), aninhado em dois níveis (indivíduos) desbalanceados e mesmo número de repetições (SOKAL; ROHLF, 1997). As populações foram consideradas no modelo como o fator principal, sendo os indivíduos aninhados dentro de população (cinco indivíduos no Rio Uberabinha, três indivíduos no Parque do Sabiá e cinco indivíduos no Rio das Pedras). O modelo matemático, segundo Neter et al. (1985), é dado por:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{(ij)k} \text{ para } i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, \dots, b_i; \text{ repetição: } k = 1, 2, 3, \dots, n$$

onde γ_{ijk} é o valor da medida de emergência para a população i , indivíduo j na k -ésima repetição; μ é média geral; α_i é o efeito da população (i) (fixo), $\beta_{j(i)}$ é o efeito de indivíduo (j) dentro de população (i) e $\varepsilon_{(ij)k}$: efeito associado ao resíduo.

Tabela 2. Resumo do quadro de análise de variância do modelo hierárquico em dois níveis desbalanceados e mesmo número de repetições (SOKAL; ROHLF, 1997).

Fontes de variação ¹	gl	EQM
População (A)	$(a - 1)$	$\sigma^2 + n\sigma_{B(A)}^2 + (nb)_o\sigma_A^2$
Indivíduo (população) B(A)	$\sum_{i=1}^a (b_i - 1)$	$\sigma^2 + n\sigma_{B(A)}^2$
Resíduo	$n \sum_{i=1}^a b_i - 1 - \left[(a - 1) + \sum_{i=1}^a (b_i - 1) \right]$	σ^2
Total	$n \sum_{i=1}^a b_i - 1$	

¹ gl : graus de liberdade; EQM : esperança do quadrado médio; σ^2 : variância residual; $\sigma_{B(A)}^2$: variância de indivíduos dentro de população e σ_A^2 : variância populacional e $(nb)_o$, calculado pela

expressão: $(nb)_o = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij} - \sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^{b_i} n_{ij} \right)^2 / \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{b_i} n_{ij}}{a-1}$, onde $n_{ij} = n$ é o número de repetições dentro de cada indivíduo.

2.3 Variabilidade no estabelecimento de plantas

Em maio de 2008 foram coletados frutos de 11 indivíduos de *Calophyllum brasiliense* dos 15 indivíduos marcados nas margens do Rio Uberabinha, Parque do Sabiá e Rio das Pedras (1-5, 6 e 7, 11-14; Tabela 1). Os frutos foram despulpados e as sementes separadas por indivíduo e semeadas em bandejas de poliestireno com 72 células contendo Vermiculita® e Bioplant® na proporção volumétrica 1:1. A emergência das plântulas foi conduzida na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) sob irrigação diária. As temperaturas médias mínima e máxima foram de $21,0 \pm 3,2$ °C e $45,0 \pm 2,8$ °C, respectivamente.

Quando as plântulas atingiram aproximadamente 4 cm de altura foi feita a transferência para tubetes de 180 cm³ preenchidos com substrato comercial Bioplant® e adubado com 1 g de osmocote® (15% de N, 10% de P₂O₅ e 10% de K₂O; 3,8% de Ca; 1,5% de Mg; 3,0% de S; 0,02% de B; 0,05% de Cu; 0,5% de Fe; 0,1% de Mn; 0,004% de Mo e 0,05% de Zn) a cada três meses. As plantas se desenvolveram em viveiro telado com sombrite 50% (redução luminosa) e temperaturas médias máxima e mínima de $32,2 \pm 7,8$ °C e $14,3 \pm 5,4$ °C, respectivamente. A irrigação foi automática e distribuída em dois períodos de 15 minutos por dia. A infestação de tripes, pulgão e cochonilha nas folhas foi controlada com pulverização de Confidor 700 WG® (400 mL para 100 L de água).

Com seis meses no viveiro, as plantas com altura superior a 15 cm foram selecionadas e aclimatadas durante 15 dias na área externa do viveiro, a pleno sol e irrigadas por 15 minutos a cada dois dias. Para a implantação das plantas no campo, em dezembro de 2008, uma área de 2,30 ha da Fazenda Capim Branco da Universidade Federal de Uberlândia (18° 53' 23''S e 48° 17' 19''W, com 865 m de altitude) foi delimitada e cercada. Uma amostra composta do solo foi coletada na área, em 20 pontos, na profundidade de 0-40 cm e enviada para análise físico-química no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Uberlândia (Tabela 3).

Tabela 3. Análise física e química de solo coletado na camada de 0-40 cm da área plantada Fazenda Capim Branco, Uberlândia - MG.

Profundidade ^{1,2}	pH água	P	K	Ca	Mg	H + Al	SB	t	V	M.O
	1:2,5	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	-----				%	dag Kg ⁻¹
0 – 40 cm	5,7	1,0	0,17	2,4	1,7	3,80	4,27	4,37	53	3,6

Profundidade	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO ₄	K	Ca/T	Mg/T	H+Al/T
	-----	-----	mg dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	-----	%	-----
0 – 40 cm	0,22	16,0	47	31,3	0,6	6	67	30	21	47

Profundidade	Areia grossa	Areia fina	silte	Argila	Textura
	-----	g Kg ⁻¹	-----	-----	-----
0 – 40 cm	52	102	218	628	Muito argilosa

¹ P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: Magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; t: CTC efetiva; V: saturação de bases; MO: matéria orgânica; B: boro; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; SO₄: sulfato de enxofre; ² P, K: (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,0125 N); Al, Ca, Mg (KCl 1 N); M.O.: matéria orgânica (WALKLEY-BLACK, 1934); SB: soma de bases / t: Ctc efetiva / V: Saturação por base; pH em água (1: 2, 5); P e K pelo método de extração Mehlich 1; Ca, Mg e Al método de extração KCl 1mol L⁻¹; H + Al método de determinação Ca (OAc)₂ pH 7,5; Matéria orgânica método YEOMANS e BRENNER (1988). B=[BaCl₂. 2H₂O a 0,124% à quente]; Cu, Fe, Mn, Zn: [DTPA 0,005M + CaCl 0,01M + TEA 0,1M a pH 7,3]; S-SO₄ : Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹.

A pastagem de *Brachiaria decumbens* que cobria o solo foi dessecada com Roundup Na® (sal de isopropilamina de Na 480 g L⁻¹, equivalente ácido de N – glifosato- 360 g L⁻¹ e outros ingredientes 684 g L⁻¹) na dosagem de 5 L ha⁻¹, em pulverização. As formigas foram combatidas com isca granulada à base de sulfluramida (0,3%) e Regent 20G ® (Fipronil) na concentração de 5 g por ninho. Após a formação da palhada, 11 linhas no solo foram abertas com sulcador na profundidade de 60 cm. As covas foram determinadas dentro dos sulcos e estaqueadas, respeitando-se o espaçamento de 3 x 3 m e profundidade de 30 cm.

O experimento de 13.440 m² foi instalado em delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos correspondentes aos 11 indivíduos com cinco repetições, com parcela composta de 10 plantas. Em 10 de março de 2009, cada cova recebeu no plantio 300 g de 4: 14: 8 (N-P-K), composto por superfostato simples e 3 g de gel hidroretentor (Hidroterragel®), quantidades recomendadas para o plantio de *Eucalyptus* e irrigadas manualmente a cada dois dias, durante 7 dias. Os dados meteorológicos de temperatura e precipitação foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (Figura 2). As avaliações consistiram do percentual de sobrevivência das plantas com 12, 26, 40, 60 e 90 dias e medições de diâmetro do caule (a 3cm do solo) e altura da parte aérea, ambas efetuadas aos 50 dias após o plantio.

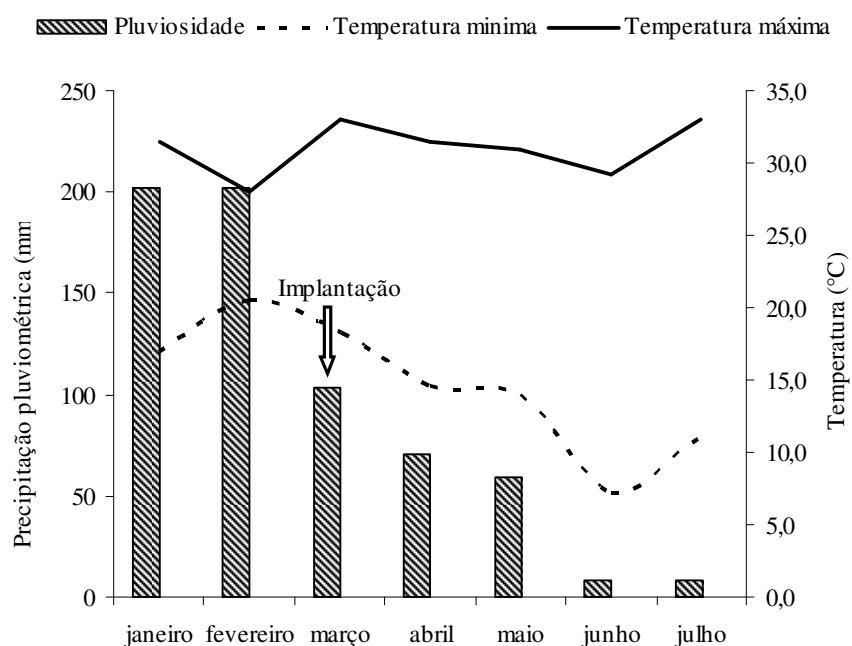


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperaturas máxima e mínima entre janeiro e julho de 2009, correspondentes à época que antecedeu a implantação e se estendeu até a última avaliação das plantas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. na Fazenda Capim Branco, no município de Uberlândia, MG.

As medidas de altura e diâmetro do caule foram testadas quanto à normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para atender as duas pressuposições, a altura foi transformada em $\sqrt{x}$. As médias dos indivíduos, para ambas as medidas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,05% de significância. O percentual de mortalidade das plantas foi calculado sob o número total de plantas de cada indivíduo para cada leitura e as médias finais, apenas aos 90 dias, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de significância.

3. RESULTADOS

3.1 Teor de água das sementes e variabilidade na emergência de plântulas

O teor médio de água das sementes dos 13 indivíduos de *Calophyllum brasiliense* foi de 38,44%; valor pouco representativo em função das variações entre indivíduos de uma mesma população e de populações diferentes (Figura 3). Com mais de 40% de água, sementes dos indivíduos do Rio Uberabinha apresentaram os maiores teores. Comparando o teor de água entre indivíduos de populações diferentes, observou-se variação máxima de 36,3% (25,66 e 61,96%, indivíduos 14 e 5, respectivamente). Entre os indivíduos de mesma população, a variação máxima do teor de água foi de 19,04% para sementes colhidas no Rio Uberabinha, 11,02% para as do Parque do Sabiá e 6,3% para as sementes do Rio das Pedras.

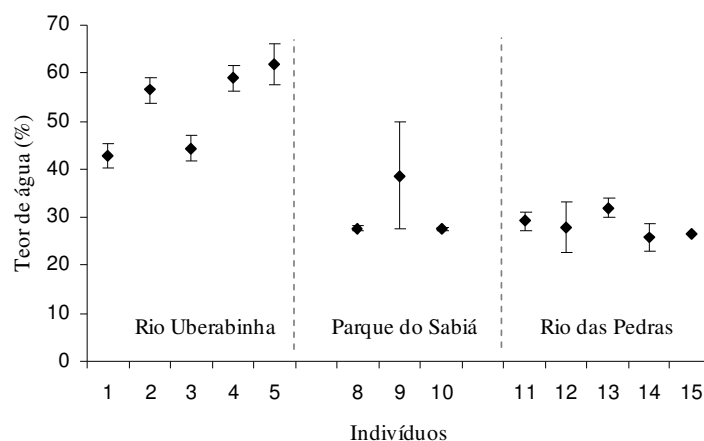


Figura 3. Intervalos de confiança para teores de água (média $\pm$ desvio padrão) das sementes de 13 indivíduos de *Calophyllum brasiliense* Cambess. localizados na Mata de Galeria do Parque do Sabiá, às margens do Rio Uberabinha e do Rio das Pedras, todos no município de Uberlândia, MG.

Medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* diferiram entre indivíduos e populações, exceto para sincronia. Os maiores percentuais de plântulas emergidas ($89\% \leq E \leq 98\%$) foram registrados para os indivíduos 2, 4, 8, 11, 13, 14 e 15, a partir de sementes dos três locais (Rio Uberabinha, Parque do Sabiá e Rio das Pedras). Os percentuais de plântulas emergidas para indivíduos de uma mesma população (Parque do Sabiá) variaram entre 39% e 89% (Tabela 4).

Tabela 4. Medidas de emergência de plântulas oriundas de sementes de 13 indivíduos de *Calophyllum brasiliense* Cambess. localizados na Mata de Galeria do Parque do Sabiá e às margens dos Rios Uberabinha e das Pedras, todos no município de Uberlândia, MG.

Local ¹	Indivíduo	² E (%)	t_o (dia)	$\bar{t}$ (dia)	t_f (dia)	VE (pl.dia ⁻¹)	CV _t (%)	I (bit)	Z
Rio Uberabinha	1	78,0 b	20,2 a	43,85 a	116,2 a	0,4606 a	58,39 b	3,805 ab	0,0113 a
	2	98,0 a	28,0 a	60,92 a	118,2 a	0,3817 b	40,47 a	4,040 ab	0,0141 a
	3	79,0 b	41,2 b	134,32 c	313,0 c	0,1679 d	59,88 b	3,851 ab	0,0083 a
	4	92,0 a	22,6 a	85,20 b	220,4 b	0,3499 b	69,30 b	4,107 b	0,0055 a
	5	87,0 b	22,2 a	56,03 a	146,0 a	0,4295 a	62,73 b	3,934 ab	0,0114 a
Parque do Sabiá	8	89,0 a	36,2 b	152,18 d	309,6 c	0,1802 c	55,29 b	4,121 b	0,0010 a
	9	39,0 c	30,2 b	97,62 b	159,2 a	0,1190 d	52,88 b	2,626 a	0,0239 a
	10	85,0 b	70,4 c	167,18 d	290,4 c	0,1242 d	38,47 a	3,945 ab	0,0085 a
Rio das Pedras	11	91,0 a	40,8 b	129,85 c	279,0 c	0,2044 c	55,78 b	4,094 b	0,0054 a
	12	86,0 b	35,4 b	114,83 c	300,0 c	0,2258 c	65,78 b	3,967 ab	0,0078 a
	13	90,0 a	34,2 b	126,65 c	275,4 c	0,2084 c	56,65 b	4,121 b	0,0026 a
	14	95,0 a	27,4 a	132,24 c	296,2 c	0,2419 c	62,92 b	4,079 b	0,0092 a
	15	94,0 a	36,0 b	134,79 c	325,8 c	0,2237 c	65,37 b	4,037 ab	0,0109 a
³ F/H		17,140	6,536	23,178	15,348	19,405	3,727	31,627	15,030
⁴ Bartlett (χ^2)		21,08	13,56	13,24	9,66	21,58	15,59	37,78	69,16
Transformação de dados		-	$\sqrt{x}$	-	-	-	-	-	-

¹ Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelos testes de Scott-Knott ou Dunn, ambos a 0,05 de significância; ² E: percentual de emergência; t_o : tempo inicial; $\bar{t}$: tempo médio; t_f : tempo final; VE: velocidade de emergência; CV_t: coeficiente de variação do tempo; I: incerteza e Z: índice de sincronia; ³ F/H: estatística F da análise de variância e H do teste de Kruskal-Wallis; ⁴ χ^2 : estatística dos testes de Bartlett; valores em negrito indicam variâncias homogêneas.

A maior variação entre os indivíduos quanto à emergência da primeira plântula foi de 50,2 dias (t_0 entre os indivíduos 1 e 10), enquanto, o tempo final de emergência variou em intervalo maior, de 209,6 dias (t_f entre os indivíduos 1 e 15; Tabela 4). Dentro do grupo dos indivíduos que iniciaram a emergência com menos de 30 dias (indivíduos 1, 2, 4, 5 e 14), apenas os indivíduos 1, 2 e 5, todos do Rio Uberabinha, também finalizaram a emergência em tempos menores. A maioria das plântulas dos indivíduos da população do Rio Uberabinha apresentou tempos menores de emergência (inicial, final e médio) e maiores velocidades, enquanto os indivíduos do Rio das Pedras, apesar dos altos percentuais de plântulas emergidas, foram um dos mais lentos.

Com velocidades de emergência inferiores a um, ou seja, em média menos de uma plântula emergida por dia ($VE \leq 0,4606$ plântulas dia^{-1}), o processo de emergência de *Calophyllum brasiliense* apresentou baixa frequência diária, baixa sincronia ($Z \leq 0,0239$) e alta incerteza ($2,626 \leq I \leq 4,121$ bits) independente do indivíduo e da população (Tabela 4). Coeficientes de variação superiores a 38,47% indicam a natureza assimétrica do processo e marcam a baixa representatividade do tempo médio.

Ao final do teste de emergência de plântulas e após a exumação das sementes, até 18% das que não germinaram continham cotilédones intactos, especificamente dos indivíduos 3 e 12, com 18 e 13%, respectivamente (Figura 4). Da mesma avaliação, os indivíduos 3, 8, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 tiveram mais sementes intactas do que mortas e chochas ao final dos 366 dias. Entre populações, os indivíduos do Rio das Pedras (11-15 indivíduos) apresentaram os maiores percentuais de sementes intactas. A quantidade de sementes chochas foi de até 9%, exceto para o indivíduo 9, com 33%. A redução no número de plântulas pela mortalidade das sementes foi maior para os indivíduos 5 e 9 com 10 e 20%, respectivamente.

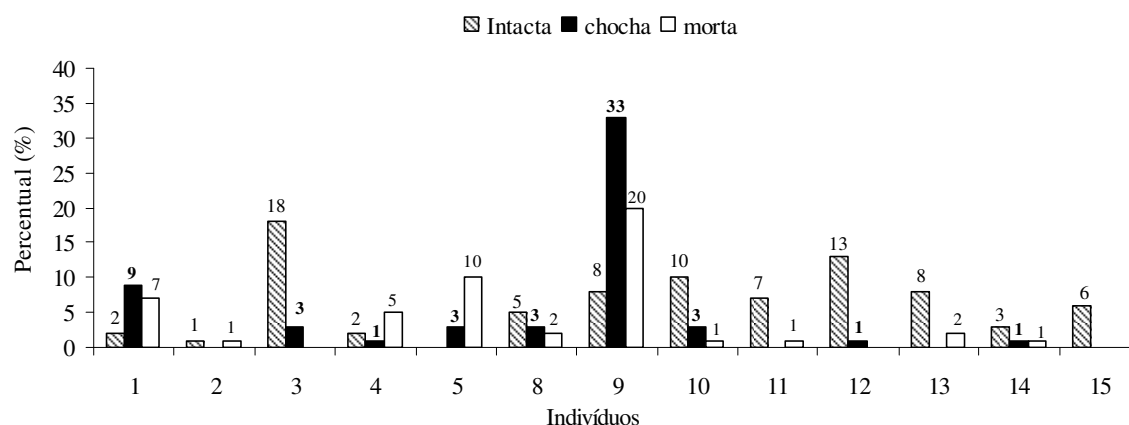
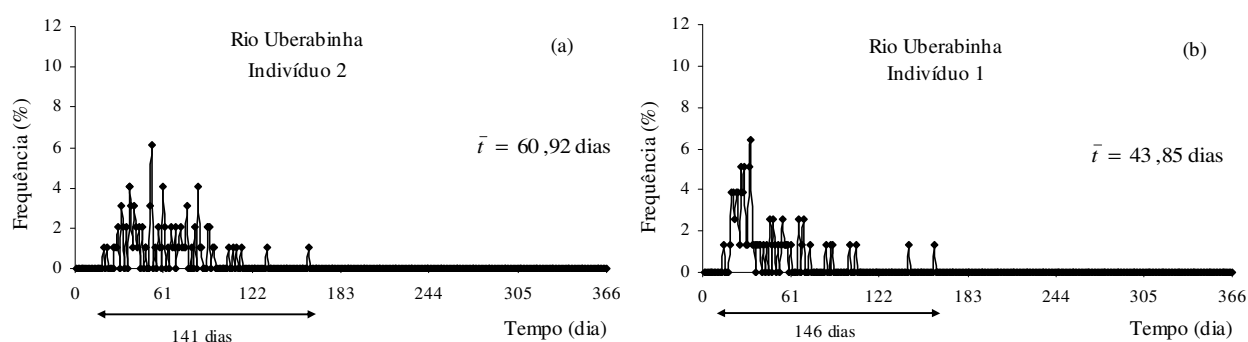


Figura 4. Análise visual das sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. não germinadas no teste de emergência e exumadas após 366 dias.

O padrão de distribuição de frequência percentual de emergência das plântulas de *Calophyllum brasiliense* ao longo do tempo de avaliação foi distinto entre os indivíduos. Poucos deles tiveram a duração da emergência de plântulas com menos de 6 meses (Figuras 5a, b) e entre 6 e 9 meses (Figuras 5c, d). A maioria consumiu entre 9 e 12 meses entre a primeira e a última emergência (Figura 6) e, independente da duração da emergência, as frequências percentuais máximas não ultrapassaram 11% (Figuras 5 e 6).

Para os indivíduos 1, 2, 5 e 9 os picos de emergência foram concentrados próximos aos respectivos tempos médios (Figura 5), tornando essa medida representativa do tempo de emergência das plântulas desses indivíduos, mas para a maioria (4, 10, 14, 12, 11, 15, 8, 3 e 13), a emergência das plântulas foi espalhada no tempo, sem picos característicos, então formando tempos médios pouco representativos (Figura 6).

Amplitude de emergência: até 6 meses entre a primeira e a última emergência



Amplitude de emergência: de 6 a 9 meses entre a primeira e a última emergência

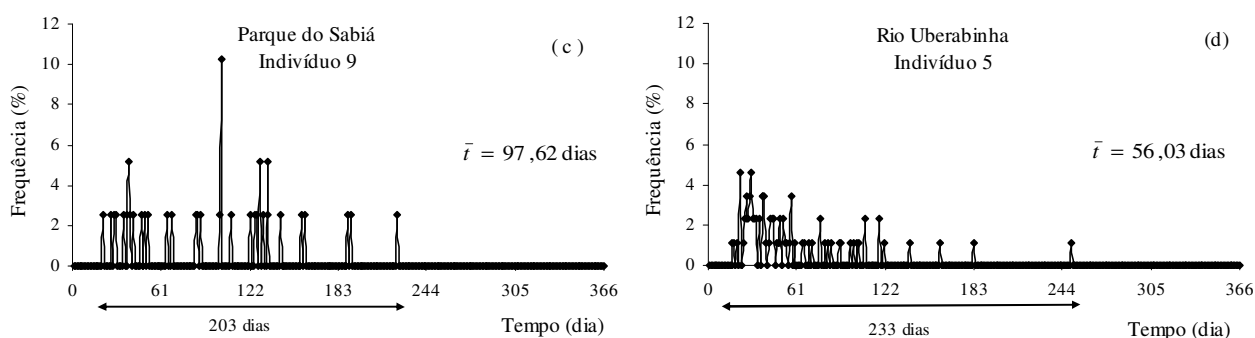


Figura 5. Distribuição da frequência percentual de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. provenientes de indivíduos com amplitude de emergência de até 6 meses (a, b) e entre 6 e 9 meses (c, d).

Amplitude de emergência: de 9 a 12 meses entre a primeira e a última emergência

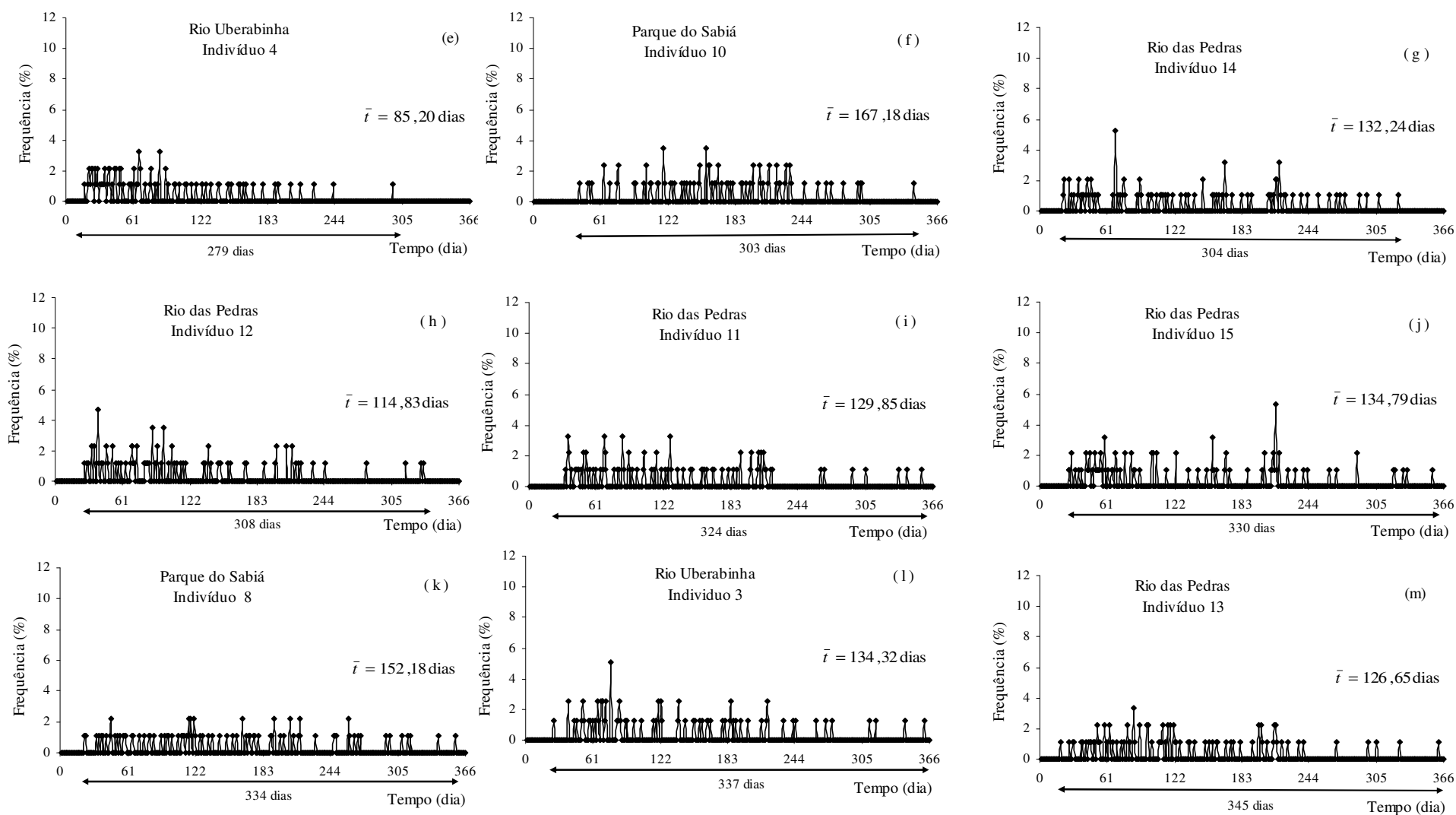


Figura 6. Distribuição da frequência percentual de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. provenientes de indivíduos com amplitude de emergência entre 9 e 12 meses.

Correlações entre as medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* indicaram coeficientes de insignificantes ($r = 0,017$) a muito altos ($r = 0,737$) (Tabela 5). A correlação nula (não significativa) e insignificante entre os tempos inicial e final ($r = 0,084$) mostrou que as plântulas que iniciaram mais rápido o processo não foram as primeiras a estabilizarem a emergência. O percentual de emergência de plântulas mostrou correlação moderada ($r = 0,432$) e muito alta ($r = 0,737$) com a velocidade de emergência e a incerteza, respectivamente, indicando que o aumento da capacidade de emergência foi acompanhado de um aumento moderado da velocidade, mas tornou o processo incerto. Correlações moderada e substancial entre o tempo médio e os tempos inicial ($r = 0,357$) e final ($r = 0,590$) indicaram que o tempo final de emergência acompanhou mais o tempo médio do que o tempo inicial (Tabela 5).

O número de plântulas emergidas por dia apresentou correlação moderada e inversa com o tempo inicial ($r = -0,434$) e final ($r = -0,374$) de emergência, e correlação substancial com o tempo médio ($r = -0,693$), mostrando que a velocidade de emergência reduziu com o aumento das três medidas de tempo.

A sincronia da emergência das plântulas indicou correlação baixa com velocidade de emergência ($r = 0,253$) e incerteza ($r = -0,265$), e moderada e negativa com o tempo final ($r = -0,337$) e médio ($r = -0,325$), indicando que o aumento do tempo médio e final foi acompanhado de uma redução na sincronia de emergência de plântulas. Ainda, verificou-se que o percentual de plântulas emergidas ($r = 0,107$) não teve correlação com a sincronia.

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear (r) entre medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. provenientes de sementes coletadas a partir de 13 indivíduos no município de Uberlândia, MG.

Medidas ^{1,2}	t_f	$\bar{t}$	E	VE	CV_t	I	Z
t_o	0,084 ^{ns}	0,357**	0,017 ^{ns}	-0,434**	-0,328**	-0,059 ^{ns}	-0,074 ^{ns}
t_f		0,590**	0,019 ^{ns}	-0,374**	0,500**	0,217*	-0,337 *
$\bar{t}$			-0,090 ^{ns}	-0,693**	-0,209 ^{ns}	0,105 ^{ns}	-0,325**
E				0,432**	-0,127 ^{ns}	0,737**	0,107 ^{ns}
VE					0,211*	0,187 ^{ns}	0,253*
CV_t						0,021 ^{ns}	-0,191 ^{ns}
I							-0,265*

¹ t_o : tempo inicial; t_f : tempo final de emergência; $\bar{t}$: tempo médio; E : percentual de emergência; VE : velocidade de emergência; CV_t : coeficiente de variação do tempo; I : incerteza e Z : índice de sincronia; ²*, ** significativo pelo teste t de “Student” à 0,05 e 0,01, respectivamente; ^{ns}: não significativa.

3.2 Contribuição relativa de populações e de indivíduos

Quantificando a contribuição relativa das populações e indivíduos dentro de populações para medidas de emergência de plântulas, foi possível identificar que o efeito dos indivíduos dentro de populações foi o que mais contribuiu para a variabilidade nos percentuais de emergência (60,48%), tempo final (44,89%) e incerteza (62,99%) (Tabela 6). Entretanto, para as variabilidades de tempo médio e velocidade de emergência, as populações foram as que mais contribuíram, com percentuais próximos a 50%. As condições experimentais e os fatores ambientais a que os indivíduos foram submetidos representam a maior fonte de variabilidade para o tempo inicial (47,68%), coeficiente de variação do tempo (62,8%) e sincronia (100%).

Na variabilidade do percentual e da incerteza de emergência das plântulas, os indivíduos do Parque do Sabiá foram os que mais colaboraram. Por outro lado, as sementes oriundas do Rio das Pedras foram as que menos contribuíram para variação de todas as medidas de emergência.

Tabela 6. Análise de variância de medidas de emergência de plântulas a partir do modelo hierárquico para populações de *Calophyllum brasiliense* Cambess. localizadas no Parque Municipal do Sabiá, Rio das Pedras e Rio Uberabinha no município de Uberlândia, MG.

¹ Fonte de Variação	² E (%)			t_o (dia)		$\bar{t}$ (dia)		t_f (dia)	
	gl	QM	(%)	QM	(%)	QM	(%)	QM	(%)
População	2	1990,23	17,06	1655,733	16,19	24597,79	47,74	80267,98	31,68
Indivíduo (População)	10	942,80	60,48	662,312	36,13	4033,63	36,45	21672,18	44,89
Indivíduo (Rio Uberabinha)	4	363,50		363,9399		6431,20		35410,95	
Indivíduo (Parque do Sabiá)	2	3860,00		2351,4000		6699,97		33501,88	
Indivíduo (Rio das Pedras)	4	63,50		116,1400		302,88		2018,560	
Resíduo	52	65,19	22,46	138,315	47,68	321,90	15,81	2048,40	23,43
	VE (planta dia ⁻¹)			CV _t (%)		I (bit)		Z	
	gl	QM	(%)	QM	(%)	QM	(%)	QM	(%)
População	2	0,2442	55,52	740,90	10,00	1,1937	11,10	0,9087	0,00
Indivíduo (População)	10	0,2781	26,62	358,85	27,20	0,7068	62,99	0,1798	0,00
Indivíduo (Rio Uberabinha)	4	0,6548		576,3173		0,7986		0,5826	
Indivíduo (Parque do Sabiá)	2	0,5818		413,1419		3,3362		0,6893	
Indivíduo (Rio das Pedras)	4	0,1110		114,2380		0,1813		0,5416	
Resíduo	52	0,3291	17,86	113,37	62,80	0,5373	25,91	0,2159	100,00

¹ gl : grau de liberdade, QM : Quadrado médio; ² E : percentual de emergência, t_o : tempo inicial, $\bar{t}$: tempo médio de emergência, t_f : tempo final, VE : velocidade de emergência, CV_t : coeficiente de variação do tempo, I : incerteza e Z : índice de sincronia.

3.3 Variabilidade na sobrevivência e no desenvolvimento de plantas

Plantas *Calophyllum brasiliense* oriundas de indivíduos diferentes, com 3 meses no campo, tiveram taxa de sobrevivência acima de 78% (Figura 7). A avaliação entre os indivíduos no período de estabelecimento das plantas no campo mostrou mortalidade das plantas a partir dos 12º dia, com diferenças significativas. Os indivíduos que deram origem as plantas com maior percentual de sobrevivência foram 2, 3, 4, 5, 11, 12 e 14, todos acima de 92% e com diferença significativa aos 90 dias após o transplante. Observou-se nas populações, que os dois indivíduos do Parque do Sabiá (6 e 7) tiveram menores percentuais de sobrevivência das plantas (78% e 86%). Entre as populações, os indivíduos do Rio das Pedras foram os primeiros a manifestarem diferença significativa quanto à sobrevivência e também tiveram para esta mesma característica o maior percentual de variação, de 22% (entre indivíduos 11 e 13) aos 90 dias. Independente do indivíduo, as plantas praticamente cessaram a mortalidade após 60 dias de plantio. Durante o pegamento e o desenvolvimento das plantas houve ao longo de 90 dias aumento gradativo na oscilação da temperatura máxima e mínima e redução da precipitação pluviométrica (Figura 2), mesmo assim, as taxas de sobrevivência foram superiores a 78% entre 60 e 90 dias da implantação.

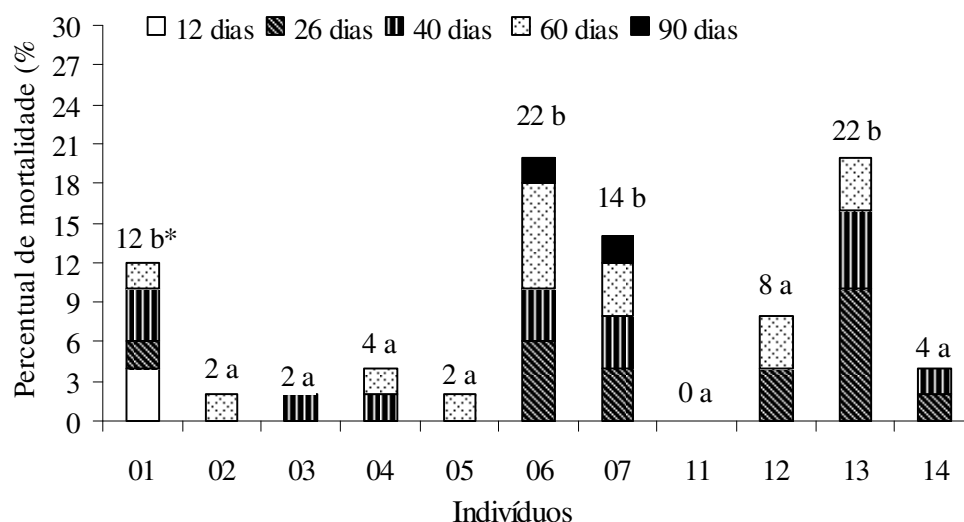


Figura 7. Percentual de mortalidade de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. plantadas na Fazenda Capim Branco e avaliadas durante 12, 26, 40, 60 e 90 dias após o plantio. *Médias totais seguidas de letras minúsculas distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Aos 50 dias do transplântio para campo, as mudas de *Calophyllum brasiliense* apresentaram variações significativas em altura (18,05 e 29,22 cm) e diâmetro (3,45 e 5,07 mm) (Tabela 7). As plantas oriundas de todos os indivíduos se desenvolveram em diâmetro e altura simultaneamente. As mudas dos indivíduos 1, 2, 4, 5, 11, 12 e 14 expressaram melhor desenvolvimento de plantas, atingindo entre eles médias de altura e diâmetro de 26,39 cm e 4,83 mm, respectivamente (Tabela 7). Entre as três populações, o maior número de indivíduos que contribuiu com plantas de piores potenciais de desenvolvimento foi à área do Parque do Sabiá.

Tabela 7. Altura e diâmetro de mudas de *Calophyllum brasiliense* oriundas de semente coletadas no Rio Uberabinha, Parque do Sabiá e Rio das Pedras submetidas as condições de solo drenado da Fazenda Capim Branco, Uberlândia, MG.

População ¹	Indivíduo	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Rio Uberabinha	1	26,52 a	5,07 a
	2	24,92 a	4,56 a
	3	18,21 b	4,10 b
	4	24,51 a	4,95 a
	5	26,81 a	4,87 a
Parque do Sabiá	6	18,05 b	3,45 b
	7	21,61 b	4,16 b
Rio das Pedras	11	29,22 a	4,84 a
	12	27,56 a	4,98 a
	13	23,24 b	4,12 b
	14	25,16 a	4,55 a
² CV (%)		11,98	13,55
³ F		2,108	3,380
⁴ Levene (F)		1,863	1,14
⁴ Shapiro-Wilk (W)		0,979	0,983
Transformação de dados		$\sqrt{x}$	-

¹ Médias seguidas de letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; ² CV: coeficiente de variação dos dados; ³ F: valores da estatística F da análise de variância; ⁴ F: estatística do teste de Levene e W: estatística do teste de Shapiro-Wilk, valores em negrito indicam homogeneidade de variâncias e resíduos com distribuição normal, respectivamente.

O solo para onde as mudas de *Calophyllum brasiliense* foram transplantadas é argiloso, com altos teores de magnésio (Mg²⁺), cobre (Cu⁺), ferro (Fe²⁺) e manganês (Mn²⁺) (Tabela 3). O pH do solo de 5,7 estava entre os níveis ideais de nutrição, segundo o Boletim de recomendação CFSEMG (1999). Os valores de enxofre (S⁻²), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺),

alumínio mais hidrogênio ($H+Al$), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), saturação de bases (V) e matéria orgânica ($M.O.$) estavam entre os níveis médios a bom, de acordo com o mesmo Boletim. A saturação de alumínio estava muito baixa.

4. DISCUSSÃO

As sementes de *Calophyllum brasiliense* apresentaram teores de água entre 25,66 e 61,86%. Teores de água de sementes acima de 25% na época da dispersão são considerados elevados (CATIE, 2000; CARVALHO et al., 2006; NERY et al., 2007a; NERY et al., 2007b) e, a maturação não acompanhada por perda de água (VOZZO, 2002), confere as sementes da espécie o caráter recalcitrante (FLORES, 1993; CARVALHO et al., 2006; VASQUEZ et al., 2009). Em sementes recém-colhidas de *Calophyllum inophyllum* L. foi encontrado 28% de água quando estimado por secagem a 103 °C por 17 horas (GUPTA et al., 2009). Segundo Nery et al. (2007a), a redução do teor de água das sementes de *C. brasiliense* de 46% para 28% não afetou a germinabilidade, mas abaixo de 21% esta foi reduzida. O fato das sementes de *C. brasiliense* estudadas neste trabalho terem apresentado teores de água acima de 25% justifica a sua não interferência na capacidade de emergência das plântulas.

O percentual de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* variou entre os indivíduos, atingindo o valor máximo de 98%, em sementes sob 25 °C e luz branca fluorescente contínua. Esta alta capacidade de emergência de plântulas da espécie foi encontrada também por Nery et al. (2007b), que registraram 93% de germinação sob temperatura alternada (20/30°C). A variação de 59% no percentual de emergência das plântulas dos indivíduos 2 e 9, pertencentes a populações distintas, Rio Uberabinha e Parque do Sabiá, respectivamente, pode ser comparado ao comportamento de outra espécie do mesmo gênero. Em *C. inophyllum*, a literatura registra valores de germinação variável entre 29,2 e 57,1% para sementes provenientes de diferentes locais na Polinésia Francesa (ZERBIB, 2007) e acima de 90% para sementes recém-colhidas com tegumento (FRIDAY; OKANO, 2006). King (2003) investigando os efeitos de três estágios sucessionais (inicial, intermediário e tardio) de florestas e duas micro-elevações (barragem e remanso) na germinação das sementes de *C. brasiliense* encontrou elevada porcentagem de sementes germinadas em todos os habitats sem diferenças significativas, variando de 82 a 95%. A partir destas informações pode-se inferir que as diferenças no percentual de emergência de plântulas de *C. brasiliense* entre diferentes indivíduos pode não ter influência do estado sucessional das matas onde se encontrava as três populações. Na emergência das plântulas, as variações intra-populacionais nesta espécie foram reveladas a partir do maior percentual de variação dos indivíduos dentro de locais (60,48%) do que de locais (17,06%).

A manutenção da capacidade de emergência das plântulas por até 366 dias e a presença de sementes com cotilédones sem danos após um ano da semeadura parecem indicar

a existência de mecanismos eficientes de preservação da viabilidade das sementes. Possivelmente, a interrupção do experimento antes da última semente germinar seja uma das causas das divergências encontradas na literatura sobre os tempos de germinação das sementes da espécie. De acordo com Friday e Okano (2006), o tempo de germinação de sementes recém-colhidas de *Calophyllum brasiliense* foi de 57 dias. Stevens (1974) estudando espécies de *Calophyllum* da Papuásia afirmou que sementes de espécies do gênero germinam entre 1 a 2 meses e, raramente se estende até 4 meses. King (2003) também encontrou tempo de germinação da semente prolongado (278 dias) e, afirmou que o tempo é afetado pela interação da micro-elevação e estágio sucessional onde se encontra a planta-mãe, exceto em florestas em sucessão tardia (sementes oriundas de remansos consomem duas vezes mais tempo para germinarem, ou seja, 39,2 semanas, enquanto, as provindas de barragens 21,7 semanas)

Os tempos inicial, médio, final de emergência das sementes foram bastante influenciados pelos indivíduos que se diferenciaram significativamente quanto a essas características e, por consequência, na intensidade da dormência. Sementes de espécies como *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh, *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby e *Plathymenia reticulata* Benth. manifestaram também variabilidade na dormência entre matrizes e ainda dentro de matrizes (ALONSO- BLANCO et al., 2003; LACERDA et al., 2004). Independente dessa variabilidade dos indivíduos, a longevidade das sementes no teste de emergência indicou que com a manutenção da umidade do substrato, as sementes sobrevivem por longos períodos e podem permanecer viáveis de um ano para outro. Este fato pode explicar porque alguns autores afirmam que *C. brasiliense* não forma banco de sementes (MARQUES; JOLY, 2000b), enquanto outros registraram que sim (KAWAGUICI; SCHIAVINI, 1995). Uma das razões do declínio do banco de sementes se deve ao fato das sementes recém-colhidas serem grandes e vulneráveis a predação, como verificado em *Calophyllum inophyllum* (ZERBIB, 2007).

Em *Calophyllum brasiliense*, a análise de hierarquia indicou que para a maioria das medidas de emergência, os maiores percentuais de variabilidade foram encontrados entre os indivíduos em detrimento das populações. Souza (2006) estudando a estrutura genética de populações naturais de *C. brasiliense* na Bacia do Alto Rio Grande verificou maior diversidade genética também dentro das populações. Esta variabilidade genética dentro da espécie é explicada pela forma de reprodução por cruzamento misto predominantemente por alogamia (SOUZA, 2006), com polinização por abelhas e diversos insetos pequenos e, a

dispersão dos frutos muito variada, podendo ocorrer por zoocoria, hidrocoria e autocoria (CARVALHO, 1994; RIBEIRO et al., 1995).

No sul de Minas Gerais, Botrel et al. (2006) estudando a variabilidade genética da espécie em duas populações verificaram baixa variabilidade genética dentro das populações, apesar desse valor ser maior do que entre populações. Estes autores afirmaram a predominância de certas características na população, mesmo com a ação de fatores casuais; pois, durante a estimação verificou-se que a transferência de genes (fluxo gênico) entre duas populações era suficiente para contrapor os efeitos da deriva genética (oscilação da frequência dos alelos). Ainda, o cruzamento entre indivíduos aparentados (endogamia) dentro das populações foi ausente, com porcentagem de locos polimórficos de 37,5 a 50 %. No caso da transferência de genes entre populações ocorre divergência entre alguns autores (Souza et al., 2007 e Botrel et al., 2006) quanto a suficiência ou não da população em contrapor os efeitos da deriva genética.

Estudando também duas populações de Mata de Galeria, Souza et al. (2007) constataram em *Calophyllum brasiliense* valores de variabilidade genética condizentes com os de outras espécies arbóreas tropicais e Botrel et al. (2006) apontaram que a diversidade genética é maior dentro das populações. No Triângulo Mineiro, Kawaguici e Kageyama (2001) quantificaram e compararam a variabilidade genética de uma população de *C. brasiliense* em três grupos (plântula, planta jovem e adulto) de indivíduos em áreas alagadas. Neste estudo, a espécie apresentou alta diversidade genética, com maior variabilidade genética entre as plântulas e, diferenças significativas nas frequências alélicas entre os diferentes grupos amostrados. A heterozigosidade foi menor que às encontrados em espécies comuns, além da presença de cruzamento entre indivíduos aparentados (endogamia) em todos os grupos, sendo menos pronunciada em plântulas.

Nas medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* não foram encontradas diferenças entre as populações de mata de Galeria e Ciliar. Apesar disso, Souza (2006) afirmou que os indivíduos desta espécie se reproduzem em Mata Ciliar por cruzamentos mistos, predominantemente por alogamia, diferenciando a maior parte deles pela origem de cruzamentos bi-parentais (irmãos-completos), enquanto que em Mata de Galeria, se reproduzem em grande parte por cruzamentos aleatórios (meios-irmãos).

O elevado número de sementes chochas encontradas nos indivíduos é explicado pela forma de reprodução e a influência dos fatores ambientais. Dentro do gênero *Calophyllum*, algumas espécies aparentemente hermafroditas parecem não ser auto-férteis como *Calophyllum pseudovitiense* P.F. Stevens, enquanto outras são como *C. inophyllum*

(STEVENS, 1974). Quanto a alogamia, em *Calophyllum longifolium* Willd. 62% do pólen disperso é movido até 210 m da flor de origem (STACY et al., 1996). Além disso, nos diferentes ambientes (floresta inundada e não inundada, água doce e manguezais) de ocorrência de *C. brasiliense*, Ficher e Santos (2001) constataram comportamento diferenciado quanto à expressão sexual, fenologia e produção de flores e frutos.

Os indivíduos do Parque do Sabiá foram os que apresentaram maior diversidade em altura. Reis et al. (2009) comparando dentro de uma população de *Calophyllum brasiliense* os indivíduos adultos, quanto à altura, constatou alta diversidade genética e baixa variação das frequências alélicas entre as diferentes classes. A distribuição espacial dos genótipos foi aleatória na maioria das classes analisadas, com exceção dos regenerantes que apresentaram estrutura de família até 10 m de distância. A ocorrência de mutações e a incorporação de novos alelos na população são elevadas, além de aumentarem o número de recombinações e múltiplas paternidades nas progênes.

A variação de amplitude do tempo de emergência, entre os indivíduos, pode também ser devido às condições individuais da planta-mãe. Segundo Silvertown (1999), as sementes exibem um comportamento extremamente idiossincrático, as vezes variando tanto dentro a progênie de uma linha parental materna quanto entre diferentes espécies.

Tanto as condições ambientais durante a formação da semente (quando ainda na planta mãe) quanto aquelas logo depois da dispersão, afetam a intensidade e duração da dormência (BEWLEY, 1997; FINCH-SAVAGE e LEUBNER - METZGER, 2006). Como as sementes de *Calophyllum brasiliense* apresentam dormência tegumentar (RIBEIRO et al., 1995; NERY et al., 2007b), e a estrutura que envolve a semente é fusão do endocarpo com a testa (VAN ROOSMALEN, 1985; SPJUT, 1994; FLORES, 2002), composto por tecido materno, isto pode ter um grande efeito maternal no processo de emergência das plântulas. O controle materno da germinação das sementes pode ocorrer através do tegumento, do endosperma, do abastecimento de recursos nutricional e de hormônios (PLATENKAMP; SHAW, 1993; LACEY; SMITH, 1997; BASKIN; BASKIN, 1998) e até mesmo por genes não nucleares e de transmissão materna (p.ex. no genoma das mitocôndrias e dos cloroplastos).

As taxas de sobrevivência das plantas em solo de Cerrado drenado, ainda que variável entre os indivíduos, foram altas, atingindo 100% para o indivíduo 11 do Rio das Pedras, que está localizado em área de inundação no período chuvoso. Pouco se conhece sobre o desempenho da espécie em solo drenado do Cerrado, pois normalmente é encontrada em Matas Ciliar e de Galeria sob alta saturação hídrica. Urquhart (2004) salienta que árvores de *Calophyllum brasiliense* não são tolerantes ao alagamento, mas utilizam um conjunto de

mecanismos de defesa para permitir a sua existência nas florestas úmidas. No caso destas áreas inundadas, Marques e Joly (2000a) verificaram que a mortalidade ocorre mais em plântulas devido ao soterramento causado pela variação do leito dos riachos, sendo secundário o índice de predação pelos animais.

A Embrapa Florestas, no Paraná, tem observado nos experimentos com *Calophyllum brasiliense* crescimento satisfatório, não apresentando limitações quanto à drenagem do solo (RIBEIRO et al., 1995). Nestas mesmas pesquisas em Foz do Iguaçu, notou-se que as plantas com espaçamento 3 x 3 m em plantios de 3 anos sobreviveram em 87% e, obtiveram 2,54 m de altura e 3,3 cm de diâmetro. Em outras pesquisas com espécie do mesmo gênero no Havaí observaram em plantas de *C. inophyllum* quase 100% de sobrevivência e desenvolvimento lento em pleno sol e resistência ao vento e a seca, com crescimento inicial rápido atingindo 75 cm de altura em 1 ano e 190 cm de altura em 2,5 anos (FRIDAY; OKANO, 2006). Segundo Catie (2000), *C. brasiliense* cresce bem em solos aluviais ou argilosos, mesmo quando muito úmido e ácido (4,5 a 6,0). Porém, em latossolo vermelho eutroférico a sobrevivência das plantas é menor, de 6,2% (RIBEIRO et al., 1995). A competição com outras espécies reduz o desenvolvimento das plantas jovens de *C. brasiliense* (HOLL, 1998).

Os fatores morfogenéticos influenciam a forma e a estrutura das plantas de acordo com as condições de clima e solo (RIZZINI, 1997). Embora cada indivíduo tenha um padrão de desenvolvimento estabelecido e comandado pelo seu patrimônio genético (genótipo), os fatores abióticos atuam sobre os genes, modificando a sua expressão em vários sentidos (FRANCO, 2002). Em *Calophyllum brasiliense*, sabe-se que a luminosidade sobre as plantas jovens aumenta a densidade de estômatos por mm², com menor diâmetro equatorial (NERY et al., 2007c). O sistema radicular profundo, pode ser um dos fatores que permite o contato com os solos úmidos, em áreas drenadas. Baseado nos padrões de fluxo de seiva na raiz e no caule e manipulações experimentais, Scholz et al. (2002) mostraram a ocorrência de ascenso hidráulico na época seca para várias espécies do cerrado. Além disso, em região propícia a geadas, a espécie tem alta taxa de mortalidade e desenvolvimento lento (VIEIRA et al., 2003). Quanto a adubação, as mudas da espécie são pouco afetadas pelo fornecimento de fósforo, o que caracteriza um baixo requerimento de nutriente pelas mesmas (SANTOS et al., 2008).

Cinquenta dias após o plantio, *Calophyllum brasiliense* apresentou baixo desenvolvimento em altura e diâmetro do caule comparado com outras espécies arbóreas. Segundo Souza et al. (2001) esta espécie apresentou desenvolvimento lento em solo de mata ciliar. No caso deste experimento as medidas podem ter sido menor por ter ocorrido um

período de estiagem prolongada logo após o plantio, além do descarte das condições fisiológicas normais da planta durante o período de pagamento das mudas.

5. CONCLUSÕES

A variabilidade das medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* é maior dentro das populações, principalmente quanto ao percentual de emergência das plântulas;

A capacidade máxima de emergência das plântulas é alta, acima de 90%, sem qualquer pré-tratamento das sementes; porém, pode ultrapassar 365 dias para atingir este percentual;

O aumento da capacidade de emergência de plântulas é acompanhado pelo aumento moderado da velocidade; porém, o processo torna-se mais incerto.

Apesar de *Calophyllum brasiliense* ter ocorrência natural em área úmida, a espécie apresentou capacidade de estabelecimento de plantas em solo drenado de Cerrado, com taxa de sobrevivência superior a 90% após 90 dias de implantação, embora esta sobrevivência tenha sido variável entre os indivíduos.

6. REFERÊNCIAS

ALONSO-BLANCO, C.; BENTSINK, L.; HANHART, C. J.; VRIES, H. B.; KOORNNEEF, M. Analysis of Natural Allelic Variation at Seed Dormancy Loci of *Arabidopsis thaliana*. **Genetics**, Pittsburgh, v. 164, p.711-729, 2003.

ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. Estrutura fitossociológica de duas matas mesófilas semidecíduas, em Uberlândia, Triângulo Mineiro. **Revista Naturalia**, Rio Claro, v. 22, p.115-129, 1997.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds**: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 567 p.

BATTILANI, J. L.; SCREMIN-DIAS, E.; SOUZA, A. L. T. Fitossociologia de um trecho de mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.19, n. 3, p. 597-608, 2005.

BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, p.1055-1066, 1997.

BORGES, L. C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-Newman-Keuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 67-83, 2003.

BOTREL, M. C. G.; SOUZA, A. M.; CARVALHO, D.; PINTO, S. I. C.; MOURA, M. C. 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. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 1992. 365 p.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A. Flora arbustivo-arbórea de mata ripária do médio Rio Grande (Conquista, Estado de Minas Gerais). **Cerne**, Lavras, v. 2, n.2, p. 48-68. 1996.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa-CNPq, 1994. 640 p.

CATIE, R. S.; DFSC, D. J. *Calophyllum brasiliense* Cambess. **Nota Técnica sobre Seed Leaflet**, Humlebaek, n. 46, 2000. 2 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, 1999. 359 p.

CORNER, E. J. H. Clusiaceae. In: _____. (Ed.). **The seeds of dicotyledons**. New York: University Press Cambridge, 1976. v. 1, p. 97 – 103.

CORNER, E. J. H. Clusiaceae. In: _____. (Ed.). **The seeds of dicotyledons**. New York: University Press Cambridge, 1976. v. 2, p. 92 - 111.

DAVIS, J. A. **Elementary survey analysis**. Englewood: Prentice-Hall, 1971. 206 p.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, Lancaster, v.171, p.501-523, 2006.

FISCHER, E.; SANTOS, A. M. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense*. (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 17, p. 903-907, 2001.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 2002. p. 13 -119. (Agriculture Handbook, 721).

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense*. In: _____. (Ed.). **Trees and seeds from the Neotropics**. Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica. 1993, v. 3, n. 1.

FRANCO, A. C. Ecofisiologia de plantas do cerrado. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTANICA DE SÃO PAULO, 14., Rio Claro, 2002. **Resumo...** Rio Claro: Universidade Estadual de São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/xivbspp/Mesa04TACF.PDF>>. Acesso em: 23 jun. 2010.

FRIDAY, J. B.; OKANO, D. *Calophyllum inophyllum* (kamani). In: ELEVITCH, C. R. (ed.). **Species Profiles for Pacific Island Agroforestry**. Hōlualoa Hawai'i: Permanent Agriculture

Resources (PAR), 2006, 17 p. Disponível em: < <http://www.traditionaltree.Org>>. Acesso em: 14 set. 2008

GRIME, J. P. **Plant strategies and vegetation processes**. New York: John Wiley and Sons. 1979. 222 p.

HOLL, K. D. Effects of above and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* Camb., seedling growth in abandoned tropical pasture. **Forest Ecology and Management**, Victoria, v.109, p.187-195, 1998.

KAWAGUICI, C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Diversidade genética de três grupos de indivíduos (adultos, jovens e plântulas) de *Calophyllum brasiliense* em uma população de mata de galeria. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 59, p. 131- 143, 2001.

KAWAGUICI, C. B.; SCHIAVINI, I. Crescimento e sobrevivência de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em mata de galeria no Triângulo Mineiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP/Universidade de São Paulo, p.326, 1995.

KING, R. T. Succession and Micro-elevation Effects on Seedling Establishment of *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) in an Amazonian River Meander Forest. **Biotropica**, Kansas, v.35, n.4, p. 462-471, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LABOURIAU, L. G. ; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 263-284, 1976.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174 p.

LABOURIAU, L. G.; PACHECO, A. A. On the frequency isothermal germination in seeds of *Dolichos biflorus* L. **Plant & Cell Physiology**, Cary, v. 19, p. 507-612, 1978.

LACERDA, D. R. et al. Seed-dormancy variation in natural populations of two tropical leguminous tree species: *Senna multijuga* (Caesalpinoideae) and *Plathymenia reticulata* (Mimosoideae). **Seed Science Research**, Wallingford, v.14, n.2, p.127-135, 2004.

LACEY, E. P.; SMITH, S.; CASE, A. L. Parental effects on seed mass: seed coat but not embryo/endosperm effects. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 84, p.1617–1620, 1997.

LOPEZ, O. R. Seed flotation and postflooding germination in tropical *terra firme* and seasonally flooded forest species. **Ecological Society, Functional Ecology**, v.15, p.763-771, 2001.

MAGUIRE, J. D. Seed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p.176-177, 1962.

MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos do Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess. Clusiaceae) em uma mata ciliar de município de Brotas**. 1994. 84f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1994.

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 a.

MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.14, n.1, p.113-120, 2000 b.

MARSHALL, R. C. **Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies**. London: Oxford University Press. 1939. 247 p.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; SANTOS, F. M.; NERY, M. C.; PEREIRA, V. B.; HARO, M. M. Efeito do grau de umidade na qualidade de sementes de *Calophyllum brasiliense* cambess. (clusiaceae). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007. Caxambu. **Resumo...** Caxambu: Universidade de São Paulo. 2007 a. 2 p.

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

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M.; SOUZA, G. S.; 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, 2007c.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Applied linear statistical models**. 2. ed. Homewood: Irwin, 1985. 1127 p.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Kansas, v. 26, p.141-159, 1994.

PANNUTI, M. I. R. **Aspectos da distribuição espacial, associação com hábitat e herbivoria dependente da densidade de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) em restinga alta na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP, Brasil**. 2009. 147f. Dissertação (Mestrado em ecologia) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia geral. 2009.

PIOTTO, D.; MONTAGNINI, F.; UGALDE, L.; KANNINEN, M. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Victoria, v.177, n.1, p. 427-439, 2003.

PLATENKAMP, G. A. J.; SHAW, R. G. Environmental and genetic maternal effects on seed characters in *Nemophila menziesii*. **Evolution**, v.47, n.2, p.540-555, 1993.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, London, v. 68, p. 849-862, 1980.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.1, p. 1-11, 2006.

REIS, C. A. F. et al. Diversidade e estrutura genética espacial de *Calophyllum brasiliense* camb. (clusiaceae) em uma floresta paludosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p. 265-275, 2009.

RIBEIRO, K. T.; MORAES, L. F. D.; SCARANO, F. R. Germinação e estabelecimento de *Calophyllum brasiliense* Camb. em terreno irregular de floresta Atlântica inundável. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 46., 1995, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: FFCLRP / Universidade de São Paulo, p.165, 1995.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

SANTOS, J. Z. L.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CORTES, E. F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.799-807, 2008.

SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C. Hydraulic redistribution of soil water by savanna trees. **Tree Physiology**, Oxford, v.22, p. 603-612, 2002.

SILVERTOWN, J. Seed ecology, dormancy and germination: a modern synthesis from Baskin and Baskin. **American Journal of Botany**, St. Louis, v.86, n.6, p. 903-905, 1999.

SOKAL, R. R.; ROHLF, J. F. Biometry: **The principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1997. 850 p.

SOUZA, A. M. **Estrutura genética de populações naturais de *Calophyllum brasiliense* camb. na Bacia do Alto Rio Grande**. 2006, 166f. Tese (doutorado em Engenharia ambiental) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

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

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, I. N.; SILVA, V. F. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 43 – 52, 2001.

SPJUT, R. W. A systematic treatment of fruit types. **Memories of the New York Botanical Garden**, Bronx, v.70, p.1-82, 1994.

STACY, E. A.; HAMRICK, J. L.; NASON, J. D.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B.; CONDIT, R. Pollen dispersal in low-density populations of three neotropical tree species. **The American Naturalist**, Chicago, v. 148, n. 2, p. 275–298, 1996.

STEVENS, P. F. A revision of the Old World species of *Calophyllum* (Guttiferae). **Journal of the Arnold Arboretum**, New York, v.61, n.2, p. 117 – 699, 1980.

STEVENS, P. F. A review of *Callophyllum* L. (Guttiferae) in Papuasias. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 22, p. 349-411, 1974.

TONIATO, M. T. Z.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. Fitossociologia de um remanescente de Floresta higrófila (Mata de brejo) em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 197-210, 1998.

URQUHART, G. R. Flood-tolerance and flood-escape mechanisms for seeds and seedlings of common swamp trees of Central America. **Journal of Tropical Ecology**, New York, v. 45, n. 2, p. 197 - 208, 2004.

VAN ROOSMALEN, M. G. M. Guttiferae. In: _____. (Ed.). **Fruits of the Guianan Flora**. Wageningen: Silvicultural Department - Agricultural University, 1985. 483 p.

VASQUEZ, W.; THOMSEN, K. A.; DULLOO, J. D. Desiccation and storage of seeds of *Astronium graveolens* and *Calophyllum brasiliense*, two native species of Costa Rica. In: SACANDÉ, M.; JØKER, D.; DULLOO, M. E.; THOMSEN, K. A. (Ed.). **Comparative storage biology of tropical tree seeds**, Rome: IPGRI, 2005. p. 285-294.

VIEIRA, A. R. et al. Influencia do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n.1, p.91-97, 2003.

VOZZO, J.A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, 2002. p.353-356. (Agriculture Handbook, 721).

WALKLEY, A. E.; BLACK, I. N. **Soil Science**. New York: [S. n.], 1934. v. 37, p. 29-38.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 1467-1476, 1988.

ZERBIB, L. D. Seed fate of the tamanu tree (*Calophyllum inophyllum*): viability, dispersal, and predation and its ecological importance in moorea, french polynesia. **Biology and Geomorphology of Tropical Islands**. Moorea, 11p., 2007. Disponível em: <<http://escholarship.org/uc/item/68h231wm>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

CAPÍTULO IV

BIOMETRIA DE FRUTOS E SEMENTES E SUA INFLUÊNCIA NA GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Calophyllum brasiliense* CAMBESS. (CALOPHYLLACEAE). 2011. 29 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia.¹

Resumo: A influência do tamanho das sementes sobre a qualidade fisiológica tem sido estudada com certa intensidade em várias espécies de grandes culturas; porém, é pouco frequente em espécies florestais. Diante dessa necessidade, os objetivos do trabalho foram avaliar a influência do tamanho das sementes sobre a embebição, germinação das sementes e emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) em condições controladas de laboratório e em casa de vegetação e caracterizar fisicamente os frutos e as sementes de amostras oriundas de um único indivíduo e de vários indivíduos de *C. brasiliense*, visando a determinar a variabilidade no tamanho e na massa fresca. As sementes, coletadas a partir de vários indivíduos, foram classificadas e separadas em três intervalos de tamanho: pequenas (de 13 a 15,99 mm), médias (de 16 a 16,99 mm) e grandes (de 17 a 21,00 mm). O teor de água das sementes, curva de embebição e a massa de mil sementes foram determinadas para cada tamanho. Com essas sementes foram montados dois experimentos, de germinação em germinador e de emergência em casa de vegetação, ambos distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos referentes ao comprimento das sementes - pequeno (13 a 15,99 mm), médio (16 a 16,99 mm) e grande (17 a 21,00 mm) - com parcela composta por 25 sementes. As avaliações foram diárias ou em intervalos de 7 dias, sendo consideradas germinadas as sementes com protrusão de radícula ou emissão de qualquer estrutura da plântula acima do substrato, além de plântulas normais, anormais, sementes sem danos aparentes e chochas. Além disso, 100 frutos e sementes oriundas de um e de uma mistura destes foram avaliadas quanto às medidas biométricas, teor de água e a massa fresca. As médias de comprimento longitudinal e transversal, massa fresca e teor de água das sementes foram de 16,32 mm, 15,44 mm, 1,33 g e 57,15%, respectivamente. A germinação da semente é hipógea e criptocotiledonar, mostrando-se lenta e desuniforme sem influência do tamanho da semente. A germinação iniciou por volta do 25º dia e se estendeu até 120 dias após a sementeira. O tamanho das sementes não foi considerado um indicativo de qualidade fisiológica das sementes, pois a germinação, a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas não foram influenciados pelo tamanho das sementes.

Palavras-chave: guanandi, plântulas, caracterização física, sementes, vigor, tempo de germinação.

¹Orientadora: Denise Garcia de Santana - UFU

FRUIT AND DIASPORE BIOMETRICS AND ITS INFLUENCE ON GERMINATION, EMERGENCE AND SEEDLING OF *Calophyllum brasiliense* Cambess. (CLUSIACEAE). 2011. 27 p. Thesis (Ph.D. in Agronomy / Crop Science) - University of Uberlândia.¹

Abstract: The influence of seed size on physiology has been studied with some intensity in several species of field crops, but is uncommon in forest species. Given this need, the objectives were to evaluate the influence of size seeds on germination, seed germination and seedling emergence of *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) in controlled laboratory conditions and in the greenhouse and, physically characterize fruits and diaspores of a sample individual and multiple individuals of *C. brasiliense*, to determine the variability in size and fresh weight. The diaspores collected from various individuals, were classified and separated into three ranges of sizes, small (13 to 15.99 mm), medium (16 to 16.99 mm) and large (17 to 21.00). The water content of seeds, the imbibition curve and the mass of a thousand diaspores was determined for each size. These seeds were mounted two experiments, germinating germination and emergence in a greenhouse. Both distributed in a completely randomized design with treatments related to length of seeds, small (13 to 15.99 mm), medium (16 to 16.99 mm) and large (17 to 20.99 mm), with portion comprises 25 diaspores. The evaluations were daily or every seven days considered germinated diaspores with protrusion of the radicle emerged and with any structure above substrate, and normal and abnormal seedlings, diaspores without apparent damage and empty. Still, 100 fruits and diaspores from one and a mixture of individuals were tested for biometric measurements, water content and fresh weight. The average longitudinal and transverse length, fresh weight and water content of seeds was 16.32 mm, 15.44 mm, 1.33 g and 57.15% respectively. The seed germination was hypogeal cryptocotyledonary and, being slow and uneven without influencing the size diaspore. The germination started around the 25th day and continued until 120 days after sowing. The size seeds of *C. brasiliense* was not considered an indicator of physiological seed quality. For germination, emergence and early growth of seedlings were not influenced by the size seeds.

Key-words: guanandi, seedlings, physical characterization, seed vigor, germination time.

¹Guideline: Denise Garcia de Santana - UFU

1. INTRODUÇÃO

Conhecida popularmente no Brasil como guanandi, olandi e jacareúba, entre outros nomes, *Calophyllum brasiliense* Cambess. é uma espécie arbórea da família Clusiaceae, nativa do Brasil (CARVALHO, 2003) e comumente multiplicada pela semente (SCARANO et al., 1997). As sementes, com grau de maturação e tamanho distintos, têm sido comercializadas e semeadas sem prévia classificação por tamanho.

Algumas pesquisas têm demonstrado que o tamanho da semente é um dos fatores que influenciam a velocidade de germinação (CANDIDO, 1970, AGUIAR et al., 1979) e, consequentemente, o vigor das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Fischer e Santos (2001) observaram que sementes grandes de *Calophyllum brasiliense* germinam mais rápido, enquanto Zerbib (2007), usando regressão logística, não encontrou relação entre a massa das sementes de *Calophyllum inophyllum* L. e o número de sementes germinadas.

Na literatura, a relação entre tamanho de semente e capacidade de germinação é controversa. Para alguns autores, sementes grandes podem germinar com porcentagem mais elevada do que as pequenas (BHUYAN et al., 2000; KHAN; UMA SHANKER, 2001). Para outros, sementes pequenas podem germinar em maior porcentagem do que as sementes grandes (MARSHALL, 1986) ou a germinação pode ser indiferente quanto ao tamanho da semente (PEREZ-GARCIA et al., 1995). Seja qual for essa relação, sabe-se que o tamanho da semente pode estar relacionado com a quantidade de reservas e que em sementes maiores ocorre a síntese rápida de compostos secundários importantes para a germinação, maior produção de tecido fotossintético requerido no crescimento das plântulas e maior capacidade de sobrevivência em condições desfavoráveis (FOSTER, 1986; HAIG; WESTOBY, 1991).

A separação das sementes por peneiras para a determinação da qualidade fisiológica por meio de testes de germinação e vigor de plântulas tem sido bastante empregada (TORRES, 1994). Essa classificação é uma estratégia que pode ser utilizada para a uniformização da emergência das plântulas e para a obtenção de mudas com tamanhos semelhantes ou com maior vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Entretanto, em *Calophyllum brasiliense* essa separação é dificultada pela irregularidade da floração e, consequentemente, de frutificação, sendo a espécie classificada como supra-anual (NEWSTROM; FRANKIE, 1994) e, mesmo quando há frutificação, esta pode se estender por vários meses (LORENZI, 2002, CARVALHO, 2003). Os objetivos deste capítulo foram

avaliar a influência do tamanho das sementes sobre a embebição, germinação das sementes e emergência de plântulas de *C. brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) em condições controladas de laboratório e em casa de vegetação e caracterizar fisicamente os frutos e as sementes de amostras oriundas de um único indivíduo e de vários indivíduos de *C. brasiliense*, visando a determinar a variabilidade no tamanho e na massa fresca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Municipal Victório Siquierolli (18°58'34"S e 48°15'21"W), local da coleta de frutos, localizado próximo ao setor industrial na região norte da cidade de Uberlândia - MG, é constituído por uma área de 232.300 m² localizada a 861 m de altitude. A vegetação da área compõe as fitofisionomias de cerradão, mata de galeria e vereda, essas duas últimas recortadas pelos córregos Carvão e Liso, respectivamente. Em 2009, frutos maduros de *Calophyllum brasiliense* foram coletados a partir de quatro indivíduos localizados na mata de galeria do Parque. Após a coleta, os frutos foram identificados por indivíduo e transportados para o Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Uberlândia, despolidos, retirando-se o pericarpo, sendo denominado de semente o embrião coberto pelas múltiplas camadas de testa, com endocarpo colapsado (tegumento).

Apesar de os frutos e sementes não serem esféricos, em função das pequenas variações entre suas dimensões (comprimento longitudinal e transversal), a medida de referência foi o comprimento longitudinal tomado do funículo, no caso do fruto, ou da micrópila, no caso da semente, à região oposta (Figura 1A e B). As sementes dos quatro indivíduos foram misturadas em proporções iguais e medidas quanto ao comprimento longitudinal (mm), com paquímetro digital. A partir das medidas, as sementes foram classificadas e separadas em três intervalos de tamanhos, pequenos (de 13 a 15,99 mm), médios (de 16 a 16,99 mm) e grandes (de 17 a 21,00 mm).

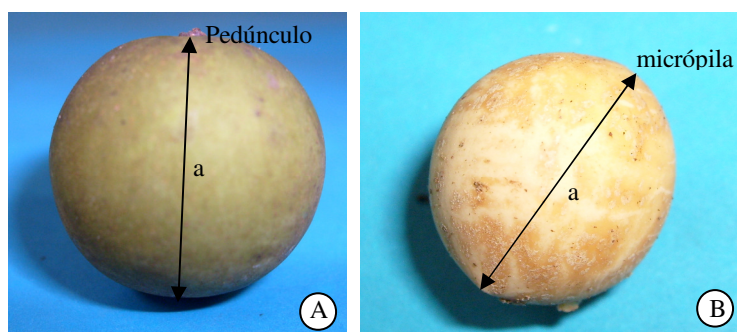


Figura 1. Fruto (A) e semente (B, semente com testa e endocarpo colapsado) de *Calophyllum brasiliense* Cambess. com detalhe do comprimento longitudinal (a).

O teor de água das sementes, separadas por tamanho, foi determinado em estufa a $70 \pm 3^\circ\text{C}$, com oito subamostras de cinco sementes intactas em recipiente de alumínio, sendo

avaliadas até atingir massa constante (96 horas) e calculado segundo a expressão: $(MMF - MMS)/MMF * 100$, em que; *MMF*: massa da matéria fresca e *MMS*: massa da matéria seca.

A massa de mil sementes foi determinada conforme a prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), a partir de oito subamostras de 100 sementes, avaliadas individualmente em balança digital de precisão ($\pm 0,0001$ g). Para a determinação da massa média, foi calculado inicialmente o coeficiente de variação e, quando este não excedeu 4%, a massa de mil sementes foi encontrada multiplicando-se por 10 a massa média obtida entre as oito avaliações (subamostras) realizadas, e o resultado expresso em gramas com duas casas decimais.

A curva de embebição das sementes pequenas, médias e grandes foi realizada utilizando-se três repetições de cinco sementes de cada tamanho, que foram colocadas para embeber em rolo de papel germitest umedecido com água destilada. Estas foram colocadas em sacos de plásticos e mantidas sob condições ambiente, com temperatura entre 20° a 30,5°C. Após intervalos de tempo predeterminados (a cada 1 hora nas seis primeiras horas, a cada seis horas até o final do primeiro dia, a cada 12 horas no segundo dia e a cada 24 horas a partir do terceiro dia), as sementes eram retiradas do rolo, secas superficialmente com papel de filtro, avaliadas em balança digital de precisão ($\pm 0,0001$ g) e colocadas novamente nos rolos. Esse procedimento foi realizado até que não fossem observadas alterações na massa das sementes.

2.1 Experimento de germinação das sementes

As sementes separadas e identificadas pelo comprimento foram colocadas para embeber em água destilada durante 72 horas. Vencido o tempo, foram retiradas da água e o tegumento trincado com três batidas de martelo, com distância padronizada da semente. O experimento foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos referentes ao comprimento longitudinal das sementes: pequeno (13 a 15,99 mm), médio (16 a 16,99 mm) e grande (17 a 21,00 mm). Para os tamanhos pequenos e médios, foram 12 repetições, e para os grandes, 16 repetições, sendo cada parcela composta por 25 sementes. As sementes dispostas sobre duas folhas de papel germitest umedecidas com água destilada (2,5 vezes a massa do papel seco em gramas) e cobertas com uma terceira, foram organizadas em rolos protegidos por sacos de plásticos para impedir a perda de umidade. Os rolos foram dispostos em germinador (Modelo Mangelsdorf) e mantidos sob médias de

temperaturas máxima e mínima de $29,3 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$ e $26,4 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, médias de umidade relativa máxima e mínima de $68 \pm 4,2 \%$ e $46 \pm 3,6$; respectivamente e sob luz branca fluorescente contínua.

As avaliações foram iniciadas aos 24 dias após a semeadura e encerradas aos 120 dias após o início do experimento, sendo neste intervalo as leituras realizadas a cada 7 dias. O critério de germinação adotado foi a protrusão de qualquer parte do embrião. Além da germinação, as plântulas (Figuras 2 e 3) foram avaliadas segundo o critério de normalidade e anormalidade de outras espécies citadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao final de três meses, o experimento de germinação foi encerrado e as sementes foram avaliadas e classificadas em chochas, duras sem danos aparentes, duras danificadas e mortas (Figura 4). As sementes sem danos aparentes e danificadas tiveram o tegumento retirado, e os embriões foram colocados novamente nos rolos de papel germitest durante 14 dias sob as mesmas condições experimentais, sendo então classificados como germinados e não germinados.

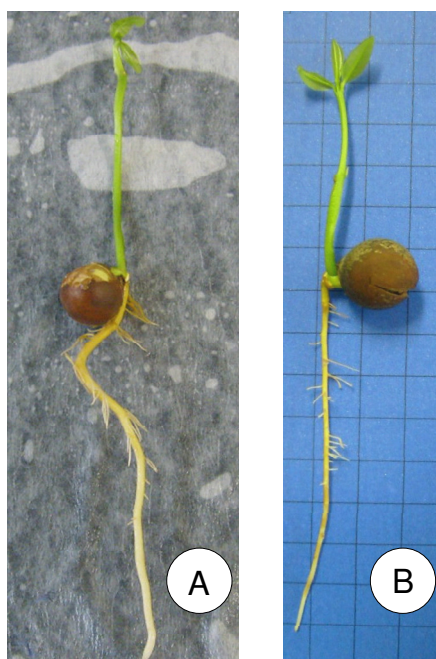


Figura 2. Plântulas normais de *Calophyllum brasiliense* Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador (A, B).

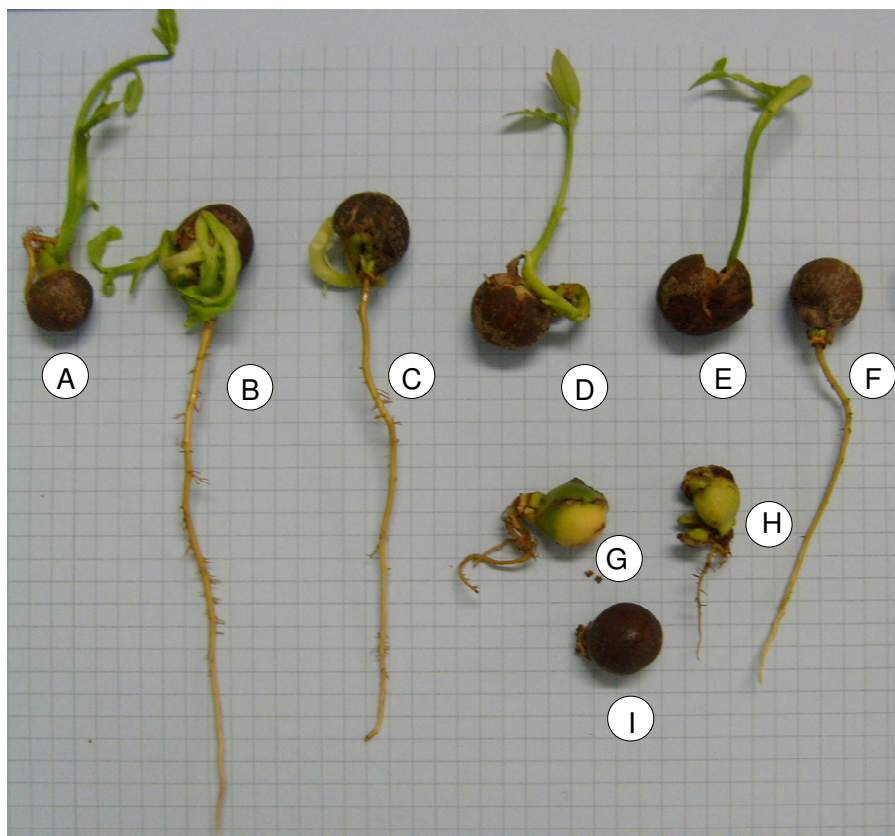


Figura 3. Plântulas anormais de *Calophyllum brasiliense* Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador. Plântulas com parte aérea desenvolvida e raiz primária com geotropismo negativo (A), parte aérea retorcida (B e C), raiz primária ausente (D e E), parte aérea ausente (F), parte aérea ausente e raiz pouco desenvolvida e bifurcada (G), parte aérea atrofiada e raiz primária pouco desenvolvida (H), parte aérea ausente e raiz atrofiada (I).



Figura 4. Sementes abertas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. após 120 dias em rolo de papel germitest em germinador, classificadas em semente dura sem dano aparente (A), semente dura danificada (B), corte transversal de sementes mortas (C) e corte transversal de semente chocha (D).

2.2 Emergência de plântulas

O experimento de emergência de plântulas foi realizado na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, no período de 13 de julho de 2009 a 13 de janeiro de 2010. O teste de emergência foi montado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos correspondentes a combinações entre o tamanho da semente e o tempo de embebição em água, com quatro repetições de 25 sementes por parcela. Os tratamentos consistiram em sementes pequenas não embebidas (1) e embebidas por 72 horas (2), sementes médias não embebidas (3) e embebidas por 24 horas (4) e 72 horas (5), sementes grandes não embebidas (6) e embebidas por 24 horas (7) e 72 horas (8). Após os tratamentos, o tegumento das sementes foi trincado com três batidas padronizadas de martelo e essas semeadas em bandejas de isopor contendo vermiculita® e Bioplant® na proporção volumétrica de 1:1 v/v e as bandejas foram dispostas em casa de vegetação com registro de temperatura máxima e mínima (Figura 5) e com irrigação manual uma vez por dia. As contagens de plântulas foram diárias, considerando emergida qualquer parte da planta acima do substrato. O experimento foi encerrado após seis meses da semeadura, com exumação das sementes não germinadas e classificação pelos mesmos critérios do teste de germinação (Figura 4).

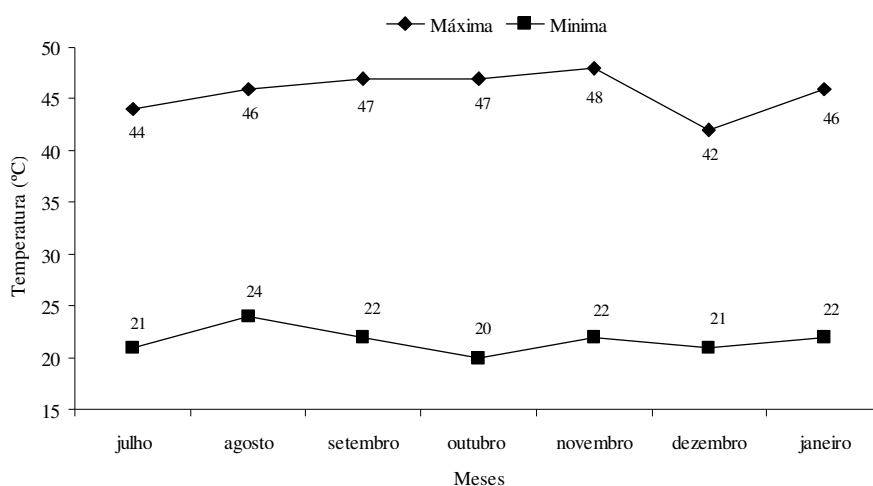


Figura 5. Temperaturas médias máximas e mínimas durante o período de 13 de julho de 2009 a 13 de janeiro de 2010 na Casa de Vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, MG.

2.3 Biometria de frutos e sementes por população e por indivíduo

Em junho de 2009 foram coletados frutos de nove indivíduos na mata de galeria do Parque Municipal Victório Siquierolli, Uberlândia, MG. No Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Uberlândia, os frutos permaneceram por um dia em bandejas de plástico, em ambiente com temperatura em torno de 27°C e umidade relativa do ar de 75%. Após esse período, uma amostra de 100 frutos foi formada a partir de frutos de cada um dos nove indivíduos, na mesma proporção, separando-se aqueles visualmente sadios, inteiros e sem deformação. Para a obtenção da semente, o pericarpo foi retirado com auxílio de estilete. Posteriormente, os frutos e as sementes foram numerados e medidos com paquímetro quanto aos comprimentos longitudinal e transversal (Figura 6), anotando-se também a coloração do epicarpo e da testa, assim como a turgidez do mesocarpo. Os teores de água das sementes foram determinados individualmente para cada semente adotando-se o método de estufa a $102 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, conforme as Regras para Análises de sementes (BRASIL, 1992). A massa fresca de cada semente foi determinada em balança digital de precisão ($\pm 0,0001$ g) em gramas.

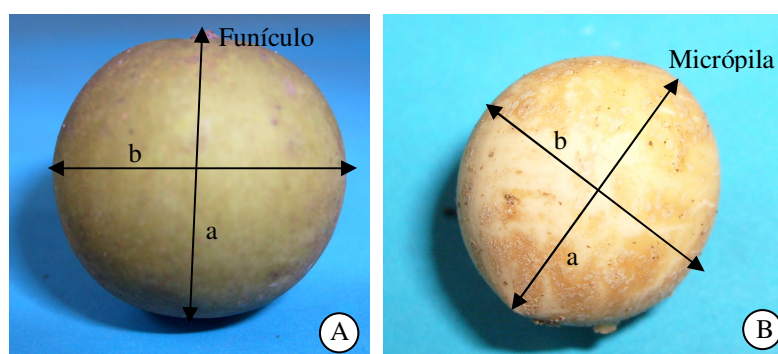


Figura 6. Fruto (A) e semente (B, embrião com tegumento composto por testa e endocarpo colapsado) de *Calophyllum brasiliense* Cambess. com detalhe do comprimento longitudinal (a) e transversal (b).

Na safra de 2009, frutos de um único indivíduo foram coletados no Parque Municipal Victório Siquierolli ($18^\circ 58' 36''\text{S}$ e $48^\circ 15' 22''\text{W}$), no município de Uberlândia-MG. Os frutos foram misturados e tomada uma amostra de 100, sendo mensurados quanto ao comprimento longitudinal e transversal. Em seguida foram despulpados manualmente e as sementes foram avaliadas quanto ao comprimento longitudinal, comprimento transversal e massa fresca, utilizando-se paquímetro e balança de precisão ($\pm 0,0001$ g).

2.4 Características analisadas e análise estatística

Com os dados obtidos nos experimentos de germinação e emergência de plântulas foram calculadas a porcentagem de germinação e emergência, tempo inicial e final, tempo médio (LABOURIAU, 1983), velocidade de germinação e emergência (MAGUIRE, 1962), coeficiente de variação do tempo (RANAL; SANTANA, 2006), incerteza (LABOURIAU; VALADARES, 1976) e sincronia (PRIMACK, 1980). Para cada medida de germinação de sementes e emergência de plântulas, foram testadas a normalidade dos resíduos da ANOVA e a homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os dados de germinação de sementes e emergência de plântulas foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ou Scott-Knott (apenas em plântula normal e anormal), à 0,05 de significância. Quando as pressuposições da ANOVA não foram atendidas, mesmo com a transformação de dados, utilizou-se teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn.

Os dados de biometria dos frutos e sementes foram analisados mediante distribuições de frequência. Para cada medida analisada foi calculado o desvio padrão e a média, além de ter sido testada a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente.

3. RESULTADOS

Os teores de água das sementes de *Calophyllum brasiliense* nos diferentes tamanhos variaram entre 38,7 e 40,7%. Nessas condições de umidade, a massa média de mil sementes com até 16,99 mm de comprimento longitudinal foi de cerca de 1.500 g e de mais de 1.900 g para sementes entre 17 e 21 g (Tabela 1). Como consequência, o número de sementes por quilograma, variou de 519 a 707.

Tabela 1. Teor de água, massa de mil sementes e número de sementes por quilograma de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas no Parque Municipal Victorio Siquierolli, Uberlândia, MG na safra 2009 e classificadas quanto ao comprimento longitudinal.

Comprimento longitudinal (mm) ¹	Teor de água (%)	Massa de mil sementes (g)	Sementes por kg (média ± desvio-padrão)
Entre 13 a 15,99	40,7 ± 2,5	1414,4 ± 56	707 ± 12
Entre 16 a 16,99	39,1 ± 2,2	1456,7 ± 48	686 ± 9
Entre 17 a 21,00	38,7 ± 2,8	1924,3 ± 77	519 ± 5

¹mm: milímetro, %: porcentagem, g: grama, kg: quilograma.

A curva de embebição das sementes apresentou padrão trifásico para os três tamanhos, sendo a fase I completada em 17 horas, e a fase III iniciada após 27 horas. O primeiro registro de sementes com raiz primária aconteceu com 75 horas de embebição e ocorreu em 10% das sementes de todos os tamanhos (Figura 7). As sementes grandes (17 a 20,99 mm), médias (16 a 16,99 mm) e pequenas (13 a 15,99 mm) tiveram capacidade de absorção semelhante. A velocidade de absorção de água inicial nas sementes grandes foi maior do que nos demais tamanhos, sendo que as sementes de todos os tamanhos entraram em equilíbrio após 17 horas, demonstrando que as sementes absorvem água lentamente.

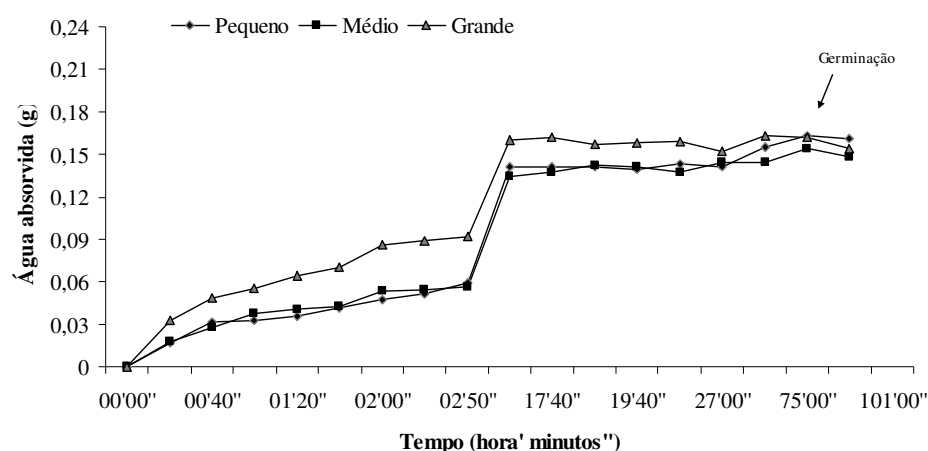


Figura 7. Curva de embebição das sementes pequenas (13 a 15,99 mm), médias (16 a 16,99 mm) e grandes (17 a 20,99 mm) de *Calophyllum brasiliense* Cambess., baseada na absorção de água ao longo do tempo(h).

3.1 Germinação das sementes de tamanhos distintos

Para sementes pequenas, médias e grandes de *Calophyllum brasiliense* as medidas de germinação não foram afetadas, exceto o tempo médio, em que as sementes pequenas não diferiram das grandes, consumindo menor tempo (52,79 dias; Tabela 2). Embora as sementes tenham permanecido por 120 dias no germinador, o percentual de germinação foi baixo, variando entre 43,75% e 49,33%. O tempo inicial, próximo de 30 dias, indicou início tardio da germinação em relação a algumas espécies arbóreas, assim como foi tardio o término do processo, gastando em média 90 dias. Cabe ressaltar também a baixa frequência de sementes germinadas por dia, menor que 0,26 sementes, a baixa sincronia e a alta incerteza de germinação, independente do tamanho da semente.

Tabela 2. Medidas de germinação de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. em função do comprimento longitudinal, coletados no município de Uberlândia, MG, na safra 2009 e avaliados durante 120 dias em papel germitest em germinador.

Comprimento longitudinal (mm)	Medida de germinação								Plântulas	
	<i>G</i> (%)	² <i>t_o</i> (dia)	$\bar{t}$ (dia)	<i>t_f</i> (dia)	<i>VE</i> (diásp.dia ⁻¹)	<i>CV_t</i> (%)	<i>I</i> (bit)	<i>Z</i>	Normais (%)	Anormais (%)
Entre 13,0 a 15,99	49,33 a	27,42 a	52,79 a	86,25 a	0,268 a	36,74 a	2,474 a	0,134 a	34,7 a	14,6 a
Entre 16,0 a 16,99	43,75 a	28,56 a	60,15 b	82,81 a	0,216 a	36,05 a	2,512 a	0,109 a	27,3 b	16,5 a
Entre 17,0 a 21,0	48,00 a	25,19 a	56,67 ab	90,19 a	0,249 a	37,12 a	2,609 a	0,111 a	28,0 b	20,0 a
³ <i>F</i>	1,140	2,0534	3,505	0,863	2,260	0,087	0,578	0,893	3,093	0,901
⁴ <i>DMS</i>	9,470	4,330	6,609	1,261	0,053	6,654	0,314	0,049		
⁵ <i>CV</i> (%)	22,31	17,67	12,82	15,13	24,17	20,04	13,67	46,54	28,45	55,57
⁶ Bartlett (χ^2)	0,218	0,877	2,416	37,676	0,937	1,153	3,783	0,592	1,856	0,474
⁶ Shapiro-Wilk (<i>W</i>)	0,961	0,829	0,986	0,402	0,973	0,983	0,961	0,932	0,955	0,948
Transformação de dados				$\sqrt{x}$						

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey ou Scott Knott, a 0,05 de significância, ²*t_o*: tempo inicial; *t_f*: tempo final; $\bar{t}$: tempo médio de germinação; *G*: percentual de germinação; *VE*: velocidade de germinação; diásp: diásporo germinado; *CV_t*: coeficiente de variação do tempo; *I*: incerteza e *Z*: índice de sincronia; ³*F*: estatística de Snedecor da análise de variância ⁴*DMS*: diferença mínima significativa; ⁵*CV*: Coeficiente de variação do experimento; ⁶ χ^2 : estatística do teste de Bartlett e *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam atendimento às pressuposições de homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente.

As plântulas normais foram mais frequentes em sementes pequenas (34,7%), embora o percentual tenha sido baixo. Os percentuais de plântulas anormais (Figura 3) variaram entre 14,6 e 20,0% nos diferentes tamanhos de sementes, não havendo diferença significativa entre elas quanto a essa característica (Tabela 2).

Na avaliação das sementes médias e grandes (comprimento longitudinal entre 16 e 21 mm) não germinadas, observaram-se elevados percentuais de sementes sem danos aparentes (entre 46,75% e 50,25%; respectivamente) e baixo número de sementes chochas e mortas, indicando que o tempo de 120 dias foi insuficiente para promover a germinação da última semente (Tabela 3). Para verificar a viabilidade das sementes sem danos, todas foram colocadas para germinar em rolo de papel germitest uma vez que a presença de látex impede a coloração dos cotilédones pelo sal de tetrazólio. Após 7 dias, o percentual de germinação dessas sementes foi de 100% de germinação para todos os tamanhos destas.

Tabela 3. Percentuais de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. chochas, com embrião sem dano aparente, danificadas e mortas não germinadas após 120 dias em câmara de germinação, separadas por classe de tamanho, após terem sido coletadas no município de Uberlândia, MG, na safra 2009.

Comprimento longitudinal (mm) ¹	Diásporo chocho (%)	Semente		
		sem dano (%)	danificada (%)	morta (%)
Entre 13,0 a 15,99	8,667 b	31,333 b	5,00 b	5,667 b
Entre 16,0 a 16,99	2,750 a	50,250 a	1,50 a	1,500 a
Entre 17,0 a 21,0	3,250 a	46,750 a	1,00 a	1,000 a
² F	5,691	12,001	5,919	7,921
³ DMS	4,514	9,561	2,943	2,755
⁴ CV(%)	109,55	24,07	142,82	115,03
⁵ Bartlett (χ^2)	4,913	0,764	9,138	1,971
⁵ Shapiro-Wilk (W)	0,782	0,976	0,670	0,708
Transformação de dados	-	-	-	$\arccos(\sqrt{x/100})$

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelos testes de Tukey, a 0,05 de significância; ²F: estatísticas de Snedecor da análise de variância ³DMS: diferença mínima significativa; ⁴CV: Coeficiente de variação; ⁵ χ^2 : estatística do teste de Bartlett e W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam atendimento às pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente.

3.2 Emergência de plântulas

A emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* em condições de casa de vegetação alcançou elevados percentuais, variando de 75% a 91%, independente do comprimento da semente e do tempo de embebição (Tabela 4).

Tabela 4. Medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. por classe de tamanho de sementes, coletadas no município de Uberlândia, MG, na safra 2009, submetidas a pré-tratamentos germinativos e mantidas em casa de vegetação durante seis meses.

Tamanho Comprimento longitudinal/embebição ¹	<i>E</i> (%)	² <i>t_o</i> (dia)	$\bar{t}$ (dia)	<i>t_f</i> (dia)	<i>VE</i> (plant.dia ⁻¹)	<i>CV_t</i> (%)	<i>I</i> (bit)	<i>Z</i>
Entre 13,0 a 15,99 mm sem embebição	78,0 a	34,00 a	87,59 a	155,00 ab	0,282 ab	44,96 a	4,025 a	0,017 a
Entre 13,0 a 15,99 mm e embebidos por 72 h	85,0 a	28,00 a	80,70 a	165,75 ab	0,363 a	56,85 a	4,018 a	0,025 a
Entre 16,0 a 16,99 mm sem embebição	84,0 a	37,50 a	88,06 a	174,00 b	0,301 ab	47,75 a	4,151 a	0,012 a
Entre 16,0 a 16,99 mm e embebidos por 24 h	91,0 a	34,75 a	83,58 a	147,50 a	0,343 ab	44,57 a	4,179 a	0,015 a
Entre 16,0 a 16,99 mm e embebidos por 72 h	88,0 a	37,00 a	81,70 a	172,00 ab	0,354 ab	56,15 a	4,134 a	0,018 a
Entre 17,0 a 21,0 mm sem embebição	75,0 a	41,50 a	93,69 a	177,25 b	0,247 b	45,85 a	3,956 a	0,016 a
Entre 17,0 a 21,0 mm e embebidos por 24 h	82,0 a	35,00 a	94,95 a	166,75 ab	0,271 ab	46,32 a	4,048 a	0,015 a
Entre 17,0 a 21,0 mm e embebidos por 72 h	90,0 a	35,75 a	95,47 a	168,75 ab	0,302 ab	45,51 a	4,310 a	0,008 a
³ <i>F</i>	2,295	0,815	1,141	3,140	2,887	1,421	1,293	0,812
⁴ <i>DMS</i>	17,45	19,77	26,14	26,40	0,115	19,79	0,467	0,024
⁵ <i>CV</i> (%)	8,86	23,82	12,65	6,78	15,98	17,42	4,86	66,57
⁶ Bartlett (χ^2)	9,821	4,157	0,925	4,807	7,068	14,214	4,603	10,065
⁶ Shapiro-Wilk (<i>W</i>)	0,9271	0,9589	0,9565	0,8888	0,9510	0,956	0,9751	0,9058
Transformação de dados	-	-	-	-	-	arcoseno $\sqrt{x/100}$	-	-

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; ²*t_o*: tempo inicial; *t_f*: tempo final; $\bar{t}$: tempo médio de germinação; *E*: percentual de emergência; *VE*: velocidade de germinação; plant: plântula emergida; *CV_t*: coeficiente de variação do tempo; *I*: incerteza e *Z*: índice de sincronia; ³*F*: estatística de Snedecor da análise de variância; ⁴*DMS*: diferença mínima significativa; ⁵*CV*: Coeficiente de variação; ⁶ χ^2 : estatística do teste de Bartlett e *W*: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam atendimento às pressuposições de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente.

Os tempos inicial e médio de emergência também não foram influenciados pelo comprimento da semente, nem pela embebição e, para ambas as medidas de tempo, a emergência se mostrou tardia, com início próximo aos 30 dias e médio aos 90 dias após a semeadura (Tabela 4). Plântulas emergidas a partir de sementes médias embebidas por 24 horas foram as que terminaram a emergência mais cedo, enquanto as de tamanho médio e grande, não embebidas, foram as mais tardias. A velocidade de emergência das plântulas provenientes de sementes pequenas, embebidas por 72 horas, foi maior do que nos demais tratamentos (0,363 plântula. dia⁻¹). Os altos percentuais de emergência registrados podem indicar alta eficiência da espécie em produzir mudas. No entanto, destaca-se a emergência tardia revelada pelas medidas de tempo e a baixa uniformidade em torno do tempo médio, mostrando que este não é indicador do tempo de emergência da espécie, além dos altos valores de incerteza e baixos de sincronia serem indicadores de baixa frequência diária de plântulas (Tabela 4).

Na exumação das sementes não germinadas, seis meses após a semeadura, a condição das sementes para os diferentes tamanhos e tempos de embebição foi similar (Tabela 5). Os percentuais de sementes chochas, sem danos aparentes, danificadas ou mortas foram baixos, sem influência do tamanho da semente e do tempo de embebição.

Tabela 5. Percentual de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. chochas, mortas, intactas sem dano aparente e danificadas avaliadas visualmente entre as sementes não germinadas após seis meses em casa de vegetação.

Comprimento longitudinal/embebição ¹	Semente chocha (%)	Semente		
		sem dano (%)	danificada (%)	morta (%)
Entre 13,0 a 15,99 mm sem embebição	6,0 a	12,0 a	0,0 a	2,0 a
Entre 13,0 a 15,99 mm e embebidos por 72 h	5,0 a	8,0 a	0,0 a	1,0 a
Entre 16,0 a 16,99 mm sem embebição	2,0 a	13,0 a	0,0 a	1,0 a
Entre 16,0 a 16,99 mm e embebidos por 24 h	0,0 a	5,0 a	4,0 a	2,0 a
Entre 16,0 a 16,99 mm e embebidos por 72 h	1,0 a	9,0 a	0,0 a	1,0 a
Entre 17,0 a 21,0 mm sem embebição	5,0 a	19,0 a	0,0 a	1,0 a
Entre 17,0 a 21,0 mm e embebidos por 24 h	3,0 a	14,0 a	0,0 a	1,0 a
Entre 17,0 a 21,0 mm e embebidos por 72 h	3,0 a	6,0 a	0,0 a	1,0 a
² F/H	1,821	1,603	0,912	0,152
³ DMS	0,027	17,214	0,011	5,572
⁵ Bartlett (χ^2)	16,382	3,529	83,307	2,957
⁵ Shapiro-Wilk (W)	0,762	0,933	0,223	0,607
Transformação de dados	arcoseno $\sqrt{x/100}$	-	arcoseno $\sqrt{x/100}$	-

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância; ²F: estatísticas F da análise de variância ³DMS: diferença mínima significativa; ⁴CV: Coeficiente de variação; ⁵ χ^2 : estatística do teste de Bartlett e W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito indicam homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, respectivamente.

3.3 Morfometria do fruto e da semente

A morfometria dos frutos e das sementes de *Calophyllum brasiliense* oriundas de um único indivíduo mostrou ampla variação em suas dimensões, tanto quanto as encontradas em frutos e sementes oriundas de nove indivíduos (Figuras 8 e 9). Os frutos de um único indivíduo e da mistura de indivíduos tiveram comprimento longitudinal e transversal variando de 14 a 27 mm e de 12 a 27 mm, respectivamente (Figuras 8a, b e 9a, b). Dos frutos oriundos da mistura, a maioria deles apresentou comprimento longitudinal variando entre 18 a 21 mm e comprimento transversal de 18 a 22 mm, sendo ambos os comprimentos com frequência acima de 10% (Figura 9a, b). Após a retirada do pericarpo, as sementes do indivíduo e da população tiveram comprimento longitudinal e transversal variando de 11 a 19 mm e de 10 a 24 mm, respectivamente (Figuras 8c, d e 9c, d), sendo que a maioria das sementes oriundas da mistura apresentou comprimento longitudinal variando de 14 a 16 mm e transversal de 13 a 15 mm. As sementes da mistura tiveram massa fresca média de 1,09 e 1,33 g para o indivíduo, ambos com teor de água em torno de 57,15 % (Figura 9 e, f).

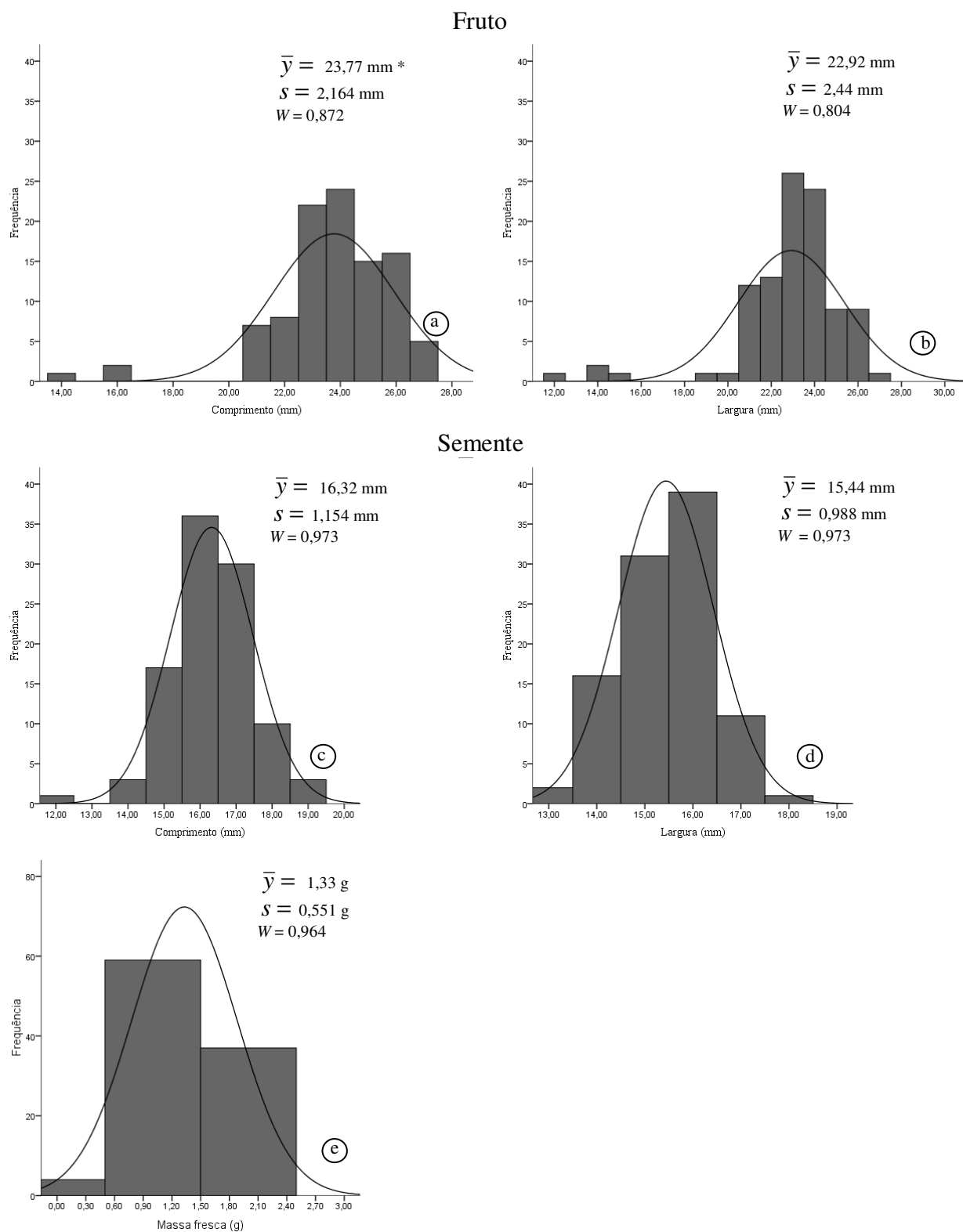


Figura 8. Comprimento longitudinal (a) e transversal (b) dos frutos e comprimento longitudinal (c), comprimento transversal (d) e massa fresca (e) de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. coletadas a partir de um indivíduo localizado no Parque Municipal Victório Siquierolli, Uberlândia, MG. * $\bar{y}$: desvio padrão; W : estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores sem negrito não atenderam as pressuposições de normalidade (Shapiro-Wilk).

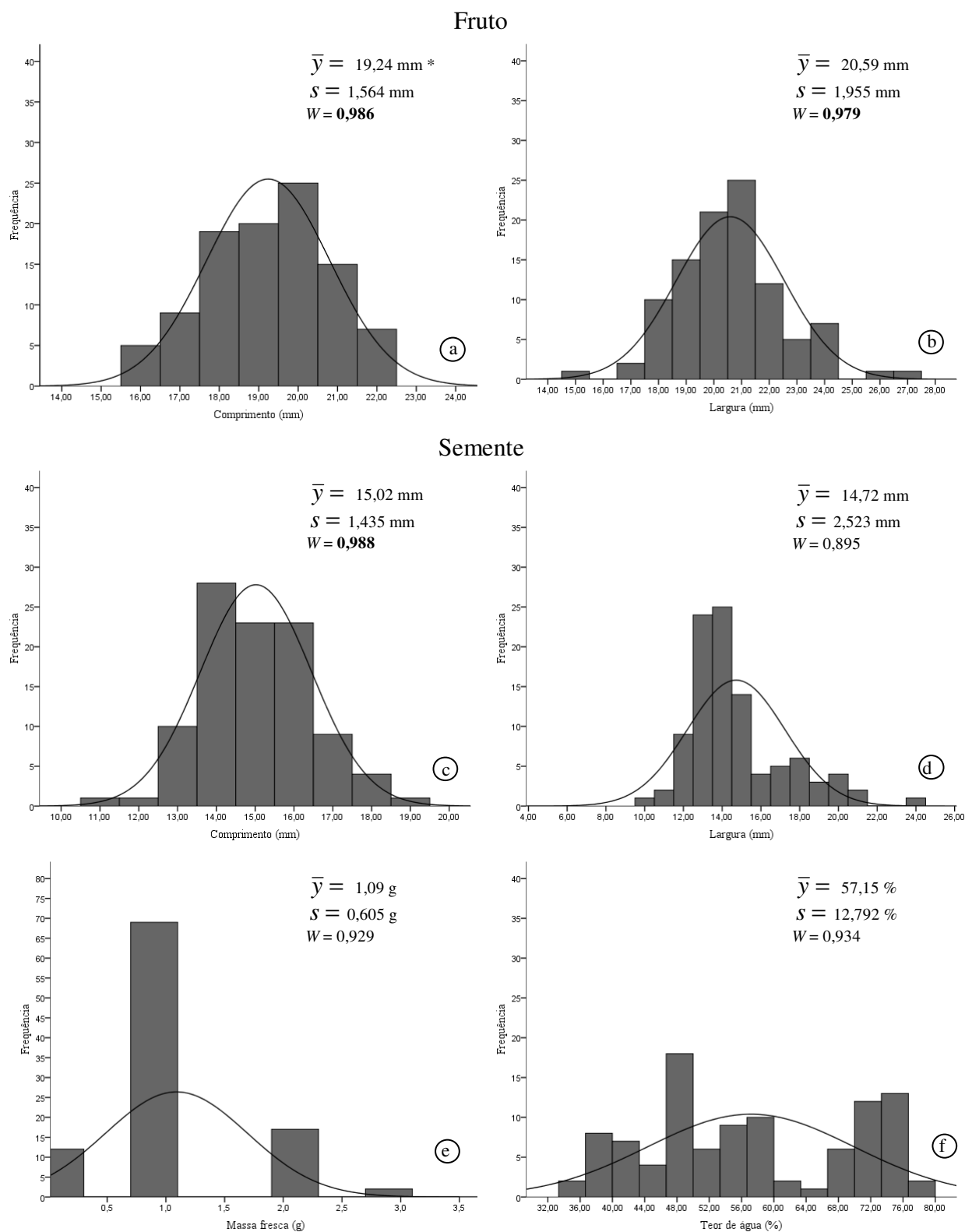


Figura 9. Comprimento longitudinal (a) e transversal (b) dos frutos e comprimento longitudinal (c), comprimento transversal (d), massa fresca e teor de água de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. de uma amostra coletada a partir de nove indivíduos localizados no Parque Municipal Victório Siquierolli, Uberlândia, MG. * Y: desvio padrão; W: estatística do teste de Shapiro-Wilk; valores em negrito atenderam as pressuposições de normalidade (Shapiro-Wilk).

4. DISCUSSÃO

Na maioria das espécies, a germinação se inicia com o consumo das reservas do embrião e é mantida com a degradação dos componentes dos tecidos de reserva, pela atividade enzimática e fluxo dos componentes solúveis nas regiões de crescimento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O movimento ou translocação dessas substâncias para o eixo embrionário ocorre de uma região de alta concentração para uma onde há rápido consumo, característico de um tecido em crescimento (CARVALHO, NAKAGAWA, 2000). Segundo Buckeridge et al. (2004), as espécies podem ter três sistemas diferentes de mobilização de reservas nas sementes. No caso de *Calophyllum brasiliense*, adota-se o sistema maturo-eutrófico, em que o embrião é maduro, com estruturas radicular rudimentar e foliares pré-formadas, consumindo as reservas no alongamento da radícula e na expansão das folhas, enquanto a produção de fotossintatos é limitada.

A capacidade de germinação das sementes e a emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* não foram influenciadas pelas classes de tamanho das sementes. O tamanho também não afetou a germinação de sementes de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (CLAIR; ADAMS, 1991), *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche (RÊGO et al., 1991), *Aracacia xanthorrhiza* Banc. (SEDIYAMA et al., 1991), *Virola koschnyi* Warb. (GONZALEZ, 1993), *Acacia senegal* (L.) Willd (TORRES, 1994), *Euterpe edulis* Mart. (ANDRADE et al., 1996) e *Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit (CASTRO; DUTRA, 1997). Apesar da massa das sementes de *C. brasiliense* não ter sido medida durante a separação das classes de tamanho nos experimentos de germinação e emergência, foi possível perceber maior massa para as sementes grandes quando comparadas às médias e pequenas. A massa das sementes dessa espécie não teve relação com a capacidade de germinação. De acordo com Zerbib (2007), esse fato também ocorreu na germinação de sementes de *Calophyllum inophyllum* L.

O embrião de *Calophyllum brasiliense* preenche todo o espaço delimitado pelo tegumento. Desta forma, o diâmetro da semente acompanha o diâmetro do embrião. Esse quimicamente é constituído de cerca de 38 a 39% de lipídios, 24 a 26% de carboidratos, 7 a 8% de proteínas, 28% de água (FLORES, 2002) e baixo percentual de açúcares (NERY, 2007). Esses valores podem variar entre frutos oriundos de locais diferentes, como verificado para o percentual de óleo e para características morfométricas dos frutos de *C. inophyllum* entre regiões do Norte da Austrália e Siri Lanka (HATHURUSINGHA et al., 2011). Pelo fato das sementes de *C. brasiliense* terem sido coletadas a partir de indivíduos de mesma

população, a chance da composição química ser similar é maior, podendo ser um dos fatores que justifica o comportamento semelhante de germinação e a emergência de plântulas nos diferentes tamanhos das sementes. Além disso, Carvalho e Nakagawa (2000) afirmaram que a diferença na composição química está mais relacionada com a massa do que com o tamanho das sementes.

Em sementes de outra espécie do mesmo gênero, *C. inophyllum*, oriundas de quatro locais com 67 dias em germinador tiveram quase o dobro de diferença no percentual de germinação, alcançando média de 36,24% (ZERBIB, 2007). Neste caso, a capacidade de germinação das sementes está relacionada com as condições em que elas foram produzidas. Este fato não ocorreu em *Calophyllum brasiliense*, pois as sementes foram coletadas em indivíduos com condições climáticas e nutricionais muito semelhantes. Carvalho e Nakagawa (2000) observaram que as espécies ao evoluir contam com um maior número de combinações climáticas na germinação de suas sementes, o que, no final, resulta em maior possibilidade de sua sobrevivência (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Em *Calophyllum brasiliense* o processo de germinação iniciou-se com elevado teor de água nas sementes ($38,7\% \leq \text{teor de água} \leq 40,7\%$) e lenta absorção durante 17 horas, mas suficiente para promover germinação no terceiro dia. As sementes grandes, com massa em torno de 3,8 g, absorveram mais água e com maior velocidade, que as de tamanho menor. De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), quanto maior for a área de contato entre o substrato e o tegumento, mais rápida deve ser a absorção de água. Por outro lado, quanto maior for a semente, maiores serão as dificuldades para o oxigênio atingir a face do eixo embrionário que está em contato com o tecido de reserva (EDWARDS, 1973). No caso de *C. brasiliense*, os cotilédones são massivos, suculentos e ricos em vesículas de látex, e o eixo embrionário é muito curto, sem distinção de cotilédones (BARROSO, 1999), periférico e próximo à região basal (STEVENS, 1974). Essa morfologia do embrião e a composição química do tegumento das sementes dessa espécie pode ser a explicação por que as sementes menores não absorveram mais e com maior velocidade a água.

Esta espécie distribui a capacidade de germinação no tempo, dotando suas sementes de diferentes intensidades de dormência. Este mecanismo é independente do tamanho das sementes e, conseqüentemente, da quantidade de reserva de nutrientes, pois, em sementes coletadas num mesmo local, em 120 dias, o percentual de germinação foi de 47%, enquanto, em 180 dias, a emergência atingiu até 91%. Na safra de 2009, com frutificação no mês de junho, período de inverno e seca no município de Uberlândia, levantou-se a hipótese de as sementes serem mais dormentes para resistir ao inverno e esperar a estação chuvosa. Neste

caso, a grande reserva dos cotilédones mantém o embrião e o crescimento das plântulas até que ela se torne autotrófica. Durante esse período, a função do látex nas sementes é de excreção, secreção e defesa contra herbívoros (ESAÚ, 1976; FAHN, 1979).

Sementes pequenas de *Calophyllum brasiliense* com menor massa e reserva tiveram tendência de originar plântulas mais vigorosas, com maior velocidade de emergência quando as sementes foram submersas em água. Outro fator é a formação do embrião e a disponibilidade de nutrientes das substâncias de reserva das sementes durante o período de desenvolvimento das plântulas. Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), as sementes de maior tamanho são mais vigorosas devido à maior quantidade de substâncias de reserva. Porém, em *C. brasiliense*, esse fato foi observado nas primeiras plântulas, com 30 dias, em que se obtiveram 82,99% de plântulas fortes. Outros autores (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; FERREIRA, BORGHETTI, 2004) afirmam que o vigor das plântulas varia conforme a composição química das sementes. Haig e Westoby (1991) asseguram que as espécies com maior quantidade de reserva aumentaram a probabilidade de sucesso no estabelecimento da plântula, pois permitiram a sobrevivência por maior tempo em condições ambientais desfavoráveis.

O crescimento inicial das plântulas de *Calophyllum brasiliense* não diferiu entre as diferentes classes de tamanho das sementes. Segundo Villiers e Wareing (1963), este contínuo crescimento das plântulas depende mais da umidade do substrato e da temperatura adequada. Os cotilédones de *C. brasiliense* são utilizados como nutrientes pelas plântulas por mais de 2 meses e se mantêm junto com a testa aderido a planta jovem por mais de 6 meses. Essa espécie pode ser considerada tolerante à sombra (RONDON NETO et al., 1999), Melo et al. (2004) explicaram que, neste grupo, as sementes contêm grande quantidade de reserva energética para possibilitar o estabelecimento e o desenvolvimento de plântulas maiores para alcançar a luz na floresta. Após a finalização dos experimentos, as plântulas sobreviveram durante 30 dias em recipiente com água, ainda desenvolvendo parte radicular e aérea. Essa capacidade da espécie é devido à sua sobrevivência e ocorrência em solos alagados (REITZ et al., 1978; LORENZI, 1992; OLIVEIRA FILHO; RATTER, 1995).

5. CONCLUSÕES

Em *Calophyllum brasiliense* Cambess., a germinação, a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas não são influenciados pelo tamanho das sementes;

A rachadura dos diásporos não é indicada para protocolos de análises de sementes da espécie, pois não influenciou a germinação em condições laboratoriais;

Os cotilédones nutrem as plântulas e o eixo embrionário por mais de 120 dias em diásporos com diâmetro entre 13 a 21 mm;

O tamanho das sementes não é considerado um indicativo de qualidade fisiológica das sementes;

A variabilidade das medidas biométricas dos frutos e sementes em um indivíduo proporciona elevada variabilidade também nos que são oriundos da população. O comprimento transversal e longitudinal dos frutos maduros varia entre 12 a 27 mm e 14 a 27mm, respectivamente, enquanto as sementes apresentam comprimento longitudinal de 11 a 19 mm, e transversal de 10 a 24 mm.

6. REFERÊNCIA

AGUIAR, N. M. B. et al. Influência do tamanho sobre a germinação e o vigor de sementes de eucalipto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 1, n. 1, p.53-58, 1979.

ANDRADE, A. C. S.; VENTURI, S.; PAULILO, M. T. Efeito do tamanho das sementes de *Euterpe edulis* Mart. sobre a emergência e crescimento inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.18, n.2, p. 225-231, 1996.

BARROSO, G. M. et al. **Frutos e sementes**: Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: Editora UFV, 1999. 443 p.

BHUYAN, P.; KHAN, M. L., SHANKAR, U. Trade-off between dispersal efficiency and seedling fitness in *Oroxylum indicum*, a wind dispersed tropical tree. **Internacional Journal of Ecology and Environmental Sciences**, New Delhi, v. 26, p. 67 - 73, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 1992. 365 p.

BUCKERIDGE, M. S.; AIDAR, M. P. M.; SANTOS, H. P.; TINÉ, M. A. S. Acúmulo de Reservas. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.) **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 324 p.

CÂNDIDO, J. F. Efeito do tamanho da semente e do meio sobre a germinação de *Eucalyptus citriodora* Hook. **Ceres**, Viçosa, v.17, n.91, p.77-85, 1970.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas. 2003. 1039 p.

CASTRO, J. R.; DUTRA, A. S. Influência do tamanho das sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) cv. Cunningham na germinação e no vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.19, n.1, p.88-90, 1997.

CLAIR, J. B. S. T.; ADAMS, W. T. Effects of seed weight and rate of emergence on early growth of open-pollinated Douglas-fir families. **Forest Science**, v.37, n.4, p.987-997, 1991.

EDWARDS, M. M. Seed dormancy and seed environmental-internal oxygen relationship. In: HEYDECKER, W. (ed.). **Seed ecology**. Miyage-Ken: The Pennsylvania State University Press/ University Park, 1973. p.169-188.

ESAÚ, K. **Anatomia de plantas com sementes**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1976. 393 p.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London: Academic Press Inc., 1979. 302 p.

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

FISCHER, E.; SANTOS, A. M. Demography, phenology and sex of *Calophyllum brasiliense*. (Clusiaceae) trees in the Atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 903-907, 2001.

FLORES, E. M. *Calophyllum brasiliense* Cambess. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington: USDA Forest Service, p. 13 -119, 2002. (Agriculture Handbook, 721).

FOSTER, S. A. On the adaptative value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis. **The botanical Review**, v.52, n.3, p.260-299, 1986.

GONZALEZ, E. J. Effect of seed size on germination and seedling vigor of *Virola koschnyi* Warb. **Forest Ecology and Management**, Victoria, v.57, n.1-4, p.275-281, 1993.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, London, v. 5, p. 231-247, 1991.

HATHURUSINGHA, S.; ASHWATH, N.; MIDMORE, D. Provenance variations in seed-related characters and oil content of *Calophyllum inophyllum* L. in northern Australia and Sri Lanka. **New Forests**, v. 41, p.89-94, 2011.

KHAN, M. L.; SHANKAR, U. Effect of seed weight, light regime, and substratum microsite on germination and seedling growth of *Quercus semiserrata* Roxb. **Tropical Ecology**, v. 42, p. 117-125, 2001.

LABOURIAU, L. G. ; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 263-284, 1976.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1, p. 132-132.

LORENZI, H. **Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. 134 p.

MAGUIRE, J. D. Seed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p.176-177, 1962.

MARSHALL, D. L. Effect of seed size on seedling success in three species of *Sesbania* (Fabaceae). **American Journal of Botany**, St. Louis, 73, p. 457-464, 1986.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.; KAWABATA, M. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em áreas de cerrado, Assis-SP. In: BOAS, O. V.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**: Resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas e letras editora e gráfica, 2004. p. 316-324.

NERY, F. C.; ALVARENGA, A. A.; JUSTO, C. F.; CASTRO, E. M.; 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, 2007.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Switzerland, v. 26, p.141-159, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburg Journal of Botany**, Edinburg, v. 52, p.141-194, 1995.

PEREZ-GARCIA, F.; IRIONDO, J. M.; MARTINEZ-LABORDE, J. B. Germination behaviour in seeds of *Diploaxis erucoides* and *D. virgata*. **Weed Research**, Malden, v. 35, p. 495-502, 1995.

PRIMACK, R. B. Variation in the phenology of natural populations of montane shrubs in New Zealand. **Journal of Ecology**, London, v. 68, p. 849-862, 1980.

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. How and why to measure the germination process? **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.29, n.1, p. 1-11, 2006.

RÊGO, F. A. O. et al. Influência do tamanho da semente e escarificação na germinação da macadamia (*Macadamia integrifolia*). **Informativo ABRATES**, Curitiba, v.1, n.4, p.85, 1991.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, n. 28-30, p. 218-224, 1978.

RONDON NETO, R. M.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FONTES, M. A. L.; FARIA, J. M. R. Estudos básicos para propostas de tratamentos silviculturais para acelerar o processo de recomposição da vegetação de uma clareira de formação antrópica, em Lavras, MG - Brasil. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONE-SUL, 1999, Santa Maria. **Resumo...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1999. p. 165-176.

SCARANO, F. R.; RIBEIRO, K. T.; MORAES, L. F. D.; LIMA, H. C. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 14, p.793–803, 1997.

SEDIYAMA, M. A. N. et al. Influência da origem e do tamanho da semente na germinação de madioquinha-salsa (*Aracacia xanthorrhiza* Banc.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.13, n.2, p.127-129, 1991.

STEVENS, P. F., A review of *Callophyllum* L. (Guttiferae) in Papuasia. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 22, p. 349-411, 1974.

TORRES, S. B. Influência do tamanho das sementes de *Acacia gomifera* no desenvolvimento das mudas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.7, n.2, p.5, 1994.

VILLIERS, T. A.; WAREING, P. F. Dormancy in fruits of *Fraxinus excelsior* L. **Nature**, London, v.15, p.112-114, 1963.

ZERBIB, L. D. Seed fate of the tamanu tree (*Calophyllum inophyllum*): viability, dispersal, and predation and its ecological importance in moorea, french polynesia. **Biology and**

Geomorphology of Tropical Islands. Moorea, 11p., 2007. Disponível em: <
<http://escholarship.org/uc/item/68h231wm>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

CONCLUSÕES GERAIS

O melhor período de coleta de sementes de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) para a germinação foi quando os frutos ainda na árvore atingiram coloração do tegumento entre amarelo e castanho claro, pericarpo túrgido e teor de água em torno de 40%. Nestes dois estágios de maturação das sementes, o grande limitante da germinação, o tegumento, não teve grande influência sobre as medidas de germinação.

As sementes de guanandi apresentaram dormência tegumentar que causa restrição física à entrada de água, além de restrição mecânica a saída da radícula na região da micrópila.

Os tratamentos de extração do tegumento e a escarificação do tegumento na região da micrópila sem atingir os cotilédones mostraram resultados positivos na superação da dormência. Porém, em semeadura no solo é indicado apenas o tratamento de escarificação do tegumento na região da micrópila, pois reduz a infecção por microrganismos.

E provável que as sementes de guanandi possuam um mecanismo de dormência relativa, presente no embrião.

Em *Calophyllum brasiliense*, a germinação, a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas não foram influenciados pelo tamanho das sementes.

O tamanho da semente não é considerado um indicativo de qualidade fisiológica das sementes.

A alta variabilidade das medidas biométricas dos frutos e sementes em um indivíduo proporcionou elevada variabilidade também nestas mesmas medidas de frutos e sementes oriundas de uma população.

A variabilidade das medidas de emergência de plântulas de *Calophyllum brasiliense* é maior dentro das populações, principalmente quanto ao percentual de emergência das plântulas.