

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**VARIABILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES RELACIONADOS
AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE PROGÊNIES E CLONES DE
GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).**

EDUARDO CIRIELLO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para a obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP
Agosto de 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**“VARIABILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES RELACIONADOS
AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE PROGÊNIES E CLONES DE
GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).”**

EDUARDO CIRIELLO

Orientador: Prof. Dr. Edson Seizo Mori

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus
de Botucatu, para a obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP
Agosto de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C578v Ciriello, Eduardo, 1980-
Variabilidade genética de caracteres relacionados ao
enraizamento de estacas de progênies e clones de guanandi
(*Calophyllum brasiliense* Cambess.) / Eduardo Ciriello. -
Botucatu : [s.n.], 2010
vi, 75 f. : gráfs., tabs. (algumas color.), fots.
color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu,
2010
Orientador: Edson Seizo Mori
Inclui bibliografia.

1. Parâmetros genéticos. 2. Programas de melhoramento.
3. Propagação vegetativa. 4. Raízes. 5. Teste de progênie.
I. Mori, Edson Seizo. II. Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade
de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: VARIABILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES RELACIONADOS AO
ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE PROGENIES E CLONES DE
GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess).

ALUNO: EDUARDO CIRIELLO

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON SEIZO MORI

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDSON SEIZO MORI



PROF. DR. LÉO ZIMBACK



PROF. DR. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Data da Realização: 28 de setembro de 2010.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por me proporcionar todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal; aos meus pais Pedro e Avanir, por estarem sempre ao meu lado em todos os desafios; aos meus irmãos Luciana, Rodrigo e Valéria, companheiros de todo momento; a Moira, meu amor e companheira; a toda equipe técnica da Tropical Flora Reflorestadora, que juntos lutam pelo estabelecimento da silvicultura de espécies nativas no Brasil; ao meu orientador, o professor Dr. Edson Seizo Mori, pela confiança, orientação e segurança transferida ao longo de todo o trabalho, e ao Dr. Leo Zimback pelo apoio e orientação na realização das análises genéticas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	5
RESUMO	7
SUMMARY	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE	15
2.1.1. <i>Classificação botânica</i>	15
2.1.2. <i>Nomenclatura</i>	16
2.1.3. <i>Descrições ecológicas e morfológicas</i>	16
2.1.4. <i>Florescimento e reprodução</i>	17
2.1.5. <i>Distribuição e ocorrência</i>	18
2.1.6. <i>Potencial medicinal</i>	18
2.1.7. <i>Características e usos da madeira</i>	19
2.2. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA	20
2.3. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES NATIVAS	21
2.4. PARÂMETROS GENÉTICOS	22
3. OBJETIVOS	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1. PRIMEIRO TESTE DE ENRAIZAMENTO	29
4.2. SEGUNDO TESTE DE ENRAIZAMENTO	32
4.3. TERCEIRO TESTE DE ENRAIZAMENTO	34
4.4. ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS QUANTITATIVOS.....	37
4.4.1. TESTE CLONAL.....	37
4.4.2. TESTE DE PROGÊNIE.....	39
4.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1. RESULTADOS DO PRIMEIRO TESTE	42
5.2. RESULTADOS DO SEGUNDO TESTE	50
5.3. RESULTADOS DO TERCEIRO TESTE.....	55
5.3.1. <i>Teste clonal</i>	55
5.3.2. <i>Teste de progênies</i>	60
6. CONCLUSÕES.....	66
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos tratamentos (1 a 30), posição das estacas (base, copa, ponteiro), tipos de estacas (lignificada e tenra) e as doses aplicadas de AIB (0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm), realizados com o Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.).....	30
Tabela 2. Descrição dos tratamentos (1 a 14), posição das estacas (base das árvores e ponteiro das mudas), tipo da estaca (proveniente de mudas e árvores) e as doses aplicadas de AIB (0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm), realizado em estacas de Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.).....	33
Tabela 3. Resultados obtidos para os tratamentos (1 a 30) realizados, apresentados em porcentagem, onde foram analisados a sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo, para as cinco doses (0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm) de AIB utilizadas, para os dois tipos de estacas (tenras e lignificadas), retiradas de três posições das árvores (ponteiro, copa e base) de Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.).....	44
Tabela 4. Análise de variância dos caracteres avaliados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) em estacas de Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.).....	45
Tabela 5. Resultados obtidos apresentados em porcentagem para os tratamentos (1 a 14), os dois tipos de estacas (árvores e mudas) , as diferentes doses de AIB (0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm) , nos itens analisados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) de estacas de Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.)....	52
Tabela 6. Análise de variância dos caracteres avaliados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) obtidos em estacas de Guanandi (<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.).....	53

Tabela 7. Resultados obtidos apresentados em porcentagem para os 22 tratamentos (clones), para os caracteres analisados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) obtidos em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).....57

Tabela 8. Análise de variância para sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).....58

Tabela 9. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido amplo (h^2g), da média do genótipo (h^2mc); de variação genética em nível de indivíduo (CVgi), de variação residual (CVe) e de variação relativa (CVr) e da acurácia (AC) para os caracteres descritos na tabela.....60

Tabela 10. Resultados de sobrevivência, formação de raiz e emissão de brotos, apresentado em porcentagem, das 9 progênes de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), utilizadas.....62

Tabela 11. estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido restrito (h^2a), da média de progênes (h^2m) e aditiva dentro da parcela (h^2d); de variação genética em nível de indivíduo (CVgi), de variação entre progênes (CVgp), de variação residual (CVe) e de variação relativa (CVr) e da acurácia (AC) dos caracteres descritos na tabela, para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).....65

Tabela 12. Correlações genéticas (R_a) abaixo da diagonal, e fenotípicas (R_f) acima da diagonal, entre os caracteres analisados (comprimento total de raiz, área superficial total, área superficial projetada, volume total, diâmetro médio e peso seco) para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).....66

VARIABILIDADE GENÉTICA DE CARACTERES RELACIONADOS AO ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE PROGÊNIES E CLONES DE GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Autor: Eduardo Ciriello

Orientador: Prof. Dr. Edson Seizo Mori

RESUMO

O reflorestamento comercial de espécies nativas brasileiras, visando à produção de madeira “de Lei” para serraria e laminação, tem se intensificado nos últimos anos em diversas regiões do país. Por ser uma atividade não tradicional do setor florestal brasileiro, inexistente o conhecimento científico e a tecnologia de produção das espécies potenciais, dificultando o desenvolvimento e o crescimento da atividade no país. Dentre as espécies nativas potenciais que vêm sendo plantadas por empresas do setor florestal, o guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) é destaque, sendo uma espécie com ampla distribuição natural, alta adaptabilidade a diferentes condições de solo e clima e que vem apresentando ótimo desenvolvimento e adaptação aos sistemas produtivos comerciais, graças às suas excelentes características silviculturais, como boa forma, baixa mortalidade, crescimento moderadamente rápido, bom desenvolvimento em plantios homogêneos e ótima qualidade de madeira. Para se obter sucesso no estabelecimento da espécie, como alternativa à produção comercial de madeira, estudos direcionados às técnicas silviculturais de produção, desde a coleta de sementes, produção de mudas, preparo e correção do solo, plantio, nutrição, manejo integrado de pragas e doenças, desbastes e colheita, se destacam como prioridades. O desenvolvimento de um bom programa de melhoramento genético requer prioridade para a obtenção de ganhos de produtividade e rendimento no médio e longo prazo. Nesta linha de pesquisa, o estudo das técnicas de propagação vegetativa, visando abreviar etapas no melhoramento florestal e viabilizar a produção maciça de material melhorado, tem importância fundamental no sucesso do programa de melhoramento. Com objetivo de avaliar a variabilidade genética dos caracteres relacionados ao enraizamento de estacas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), bem como de estabelecer o protocolo de enraizamento e propagação vegetativa da

espécie, foram realizados três experimentos sucessivos, instalados e avaliados ao longo de três anos, a fim de identificar os melhores tipos de estacas, doses de hormônio e manejo. Foram testados diferentes tipos de estacas, submetidas a doses crescentes de ácido indolbutírico (AIB), acomodadas em tubetes, utilizando substrato comercial, mantidas em casa de vegetação, sendo avaliados principalmente os dados de sobrevivência, emissão de brotos e formação de raiz. Os parâmetros genéticos dos caracteres relacionados ao enraizamento de progênies e clones foram obtidos através da análise detalhada das raízes, realizada por scanner e processadas pelos softwares WINRHIZO e SELEGEN. Os resultados obtidos indicaram que a espécie se mostrou viável a propagação vegetativa, obtendo índices superiores a 90% de enraizamento de estacas, com os melhores resultados para as doses de ácido indolbutírico (AIB) nas concentrações entre 1.000 e 5.000 ppm. Os parâmetros genéticos obtidos indicaram variabilidade genética dos caracteres avaliados, podendo ser explorada em programas de melhoramento. Com herdabilidades altas, 0,54 e 0,60 para volume total e peso seco respectivamente, evidenciaram bom controle genético e condições favoráveis para a seleção de genótipos superiores para estas características, sendo o peso seco o caráter de mais fácil mensuração.

Palavras-chave: parâmetros genéticos, programas de melhoramento, raízes, propagação vegetativa e teste de progênie.

GENETIC VARIABILITY OF ROOTING CHARACTERS IN PROGENIES AND CLONES OF GUANANDI (*Calophyllum brasiliense* Cambess.). 2010. 73p. Dissertation (Master Degree in Forest Science) School of Agriculture Sciences (FCA) – São Paulo State University (UNESP).

Author: Eduardo Ciriello

Adviser: Prof. Dr. Edson Seizo Mori

SUMMARY

The commercial reforestation using native Brazilian species, to the production of hardwood for sawmill and lamination has intensified in recent years in various regions of the country, thanks to forest enterprise initiatives and rural producers, attracted by good productive and economic potential of the activity. Due the commercial forestry of native species, are not being a traditional activity of the Brazilian forestry sector, does not have broad scientific knowledge and technology of production of the main native species potential, which hamper the development and growth of productive activity in the country. Among the native species they see potential being planted by forest sector companies, we have the Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), a species with extent natural distribution and high adaptability to different soil and climate conditions, and has been showing great development and adaptation to commercial production systems, due to their excellent silvicultural characteristics, such as shaft trunk form, low mortality, moderately fast growth, good development in homogeneous plantations and great quality wood. To succeed in establishing of this specie as an alternative to commercial timber production, studies directed to silvicultural techniques of production from collecting seeds, seedlings production, soil preparation, planting, nutrition, integrated pest and diseases, thinning and harvesting, stand out as priorities. Developing a good genetic improvement program requires priority to ensure the productivity and yield gain in medium and long term. This line of research, the study of vegetative propagation techniques seem to improve forestry abbreviate steps, enabling improved material mass production, has fundamentally important in the success of improvement program. Aiming to assess the genetic variability of characters related to rooting

of cuttings of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), as well as establishing the protocol for rooting for vegetative propagation of the specie, the present study conducted three experiments in succession, installed and measured over three years to identify the best types of piles, hormone doses and stewardship. Were tested different types of pile (prematurely, lignified, from trees and seedlings), subject to graduated doses (0, 100, 1,000, 3,000, 5,000, 7,000 and 10,000 ppm) Indolbutírico Acid (IBA), accommodated in commercial tubes filled with substrate and kept at home of vegetation, being evaluated mainly survival data, budding and rooting of cuttings. Genetic parameters of characters related to rooting tests of progenies and clones were obtained through detailed analysis of roots, performed by scanner and processed by WINRHIZO and SELEGEN software's. The results obtained indicated the viability of the vegetative propagation of the specie and might be widely used in the improved material mass production, showing the best results for the doses between 1.000 and 5.000 ppm of Indolbutírico Acid (IBA). Genetic parameters obtained indicated good genetic variability for the rooting characters related to the specie's pile, and might be explored in forest improvement programs. With high inheritance, 0,54 e 0,60 for total volume and dry weight respectively, shown a good genetic control in favorably conditions for select a superior genotypes for this characteristics, been the dry weight the character with easier measurability.

Key-words: genetic parameters, improvement programs, roots, vegetative propagation and progenies test.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a atividade florestal é de grande importância econômica e social, devido à disponibilização de uma ampla gama de produtos comerciais como resinas, óleos essenciais, frutos e mel (CARPANEZZI, 2000) e principalmente papel, celulose, madeira serrada, laminada, compensada e painéis de fibras (TZFIRA et al., 1998; MORA & GARCIA, 2000). Estes produtos acabam desempenhando um importante papel na qualidade de vida da população, pois eles são responsáveis pela contribuição direta e indireta na geração de mais de dois milhões de empregos (FERREIRA & GALVÃO, 2000).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (2008), as florestas plantadas atingiram 5,98 milhões de hectares em 2007, desse total 62,7% são de eucalipto, 30,2% pinus e 7,1% de outras espécies como Acácia, Seringueira, Paricá, Teca e outras. O desenvolvimento do setor focou na produção de espécies exóticas, como observamos acima, chegando a 97% da área total plantada do país em 2007, apresentando apenas 3% de plantios comerciais de espécies nativas.

A escassez de informação sobre espécies nativas sempre favoreceu o uso continuado de espécies exóticas em reflorestamentos, por serem melhor conhecidas (BUTTERFIELD & FISHER, 1994). Porém, novas espécies com potencial para produção de

madeira para serraria continuam sendo descobertas e figuram como uma alternativa atrativa para produção florestal (BUTTERFIELD, 1990; BUTTERFIELD & FISHER, 1994; BUTTERFIELD & ESPINOZA, 1995; GONZÁLEZ & FISHER, 1994; NICHOLS, 1994; MONTAGNINI et al., 1995; HAGGAR et al., 1998; PIOTTO et al., 2003a).

Além da elevada produtividade de algumas espécies nativas e do alto valor comercial da madeira, muitos pesquisadores tem dado ênfase aos benefícios ambientais associados ao estabelecimento das plantações florestais (GUARIGUATA et al., 1995; KNOWLES E PARROTTA, 1995; MONTAGNINI et al., 1995; PARROTTA et al., 1997; LAMB, 1998; HARRINGTON, 1999), incrementando o valor ambiental da plantação, uma vez que são mais adequadas para serem utilizadas como hábitat para a vida silvestre (KEENAN et al., 1999).

O interesse na produção por madeiras duras de maior valor agregado vem crescendo na última década, com destaque para os plantios de teca (*Tectona grandis*), cedro australiano (*Toona ciliata*) e do mogno-africano (*Khaya sp.*) no grupo das espécies exóticas, e dos plantios de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) e do mogno (*Swietenia macrophylla*) no grupo das espécies nativas.

Dentre as espécies citadas acima foi utilizado no presente estudo o guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), uma espécie nativa conhecida mundialmente pela qualidade de sua madeira. Essa espécie de ampla distribuição tropical tem sido plantada comercialmente em plantações puras em diversos países da América Latina devido aos bons resultados de crescimento verificados em parcelas experimentais por diversos autores (BUTTERFIELD, 1990; BUTTERFIELD & FISHER, 1994; BUTTERFIELD & ESPINOZA, 1995; GONZÁLEZ & FISHER, 1994; MONTAGNINI et al., 1995; HAGGAR et al., 1998; PIOTTO et al., 2003a; PIOTTO et al., 2003b).

O guanandi por ter ampla distribuição geográfica no território nacional e extrema versatilidade na adaptação a diferentes biomas pode ser produzido e explorado em diversas regiões do país. O seu potencial produtivo vem sendo testado e comprovado na prática, através do seu cultivo realizado por produtores rurais e empresas florestais, em diversos estados brasileiros com destaque para São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Bahia, plantado em pequena e média escala.

A espécie vem sendo cultivado em plantações puras com espaçamento regular em diferentes países da América Latina. Em plantações experimentais na Costa Rica apresentou uma altura de 1,36 m e diâmetro de 1,62 cm no primeiro ano após o estabelecimento (RUSSO & SANDÍ, 1995). Aos 3 anos de idade alcançou 4,2 m de altura e 3,9 cm de diâmetro (GONZÁLEZ et al., 1990). Avaliações realizadas em plantações de 7 anos de idade mostraram a manutenção das taxas iniciais de crescimento, mantendo um incremento médio em altura de 1,4 m/ano e um incremento médio em diâmetro da ordem de 1,82 cm/ano.

Estudos recentes em plantações comerciais em propriedades particulares com idades entre 6 e 11 anos mostram que a espécie apresenta um crescimento uniforme em diferentes condições de sítio, mantendo uma média de crescimento em altura de 1,3 m/ano e crescimento em diâmetro de 1,5 cm/ano (PIOTTO et al., 2003a). Em plantações experimentais manejadas através de desbastes, aos 10 anos de idade as árvores atingiram uma altura média de 13 m e diâmetro médio de 19,4 cm. (PIOTTO et al., 2003b).

Plantios estabelecidos em Fernão, interior do Estado de São Paulo, plantados em 2003 pela Tropical Flora Reflorestadora Ltda. e avaliados aos 5 anos, as árvores apresentaram médias de 8,0 a 9,0 cm de DAP (diâmetro a altura do peito) e 6,0 a 7,0 m de altura, destacando sua boa forma de fuste, florescimento e frutificação precoce. A empresa vem se destacando no setor por investir na espécie e alcançando resultados semelhantes e superiores ao esperado em crescimento, quando comparado aos plantios da Costa Rica, país referência da empresa para a produtividade média esperada dos seus cultivos.

A espécie possui grande potencial de ganho em produtividade e de qualidade da madeira através de programas de melhoramento genético, uma vez que sem nenhum grau de melhoramento tem apresentado índices satisfatórios de produtividade. Sua ampla distribuição geográfica garante uma rica base genética passível de utilização nestes programas. Seu florescimento e frutificação precoce aparecem como características importantes, pois podem abreviar tempo na execução dos testes de progênie, pomares de sementes e de cruzamentos controlados.

Frente à ausência de trabalhos que avaliam quantitativamente e qualitativamente as raízes provenientes de estacas de espécies florestais, bem como da obtenção e avaliação dos parâmetros genéticos relacionados a estas características, o presente trabalho se destaca pioneiro na obtenção de informações desta natureza, justificando a

ausência na citação de trabalhos similares que pudessem nortear os métodos de instalação, condução, avaliação dos experimentos, bem como enriquecer na discussão dos resultados obtidos.



Figura 1: Plantio de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) localizado na Costa Rica, América Central.



Figura 2: Desbaste de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) localizado na Costa Rica, América Central.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características da espécie

2.1.1. Classificação botânica

Ordem:

Família: Clusiaceae (antiga Guttiferae)

Gênero: *Calophyllum*

Espécie: *Calophyllum brasiliense* Cambess

O gênero *Calophyllum* compreende 175 espécies de árvores e arbustos, geralmente encontrados nas florestas úmidas do sudeste da Ásia (STEVENS, 1980). O *Calophyllum brasiliense* é uma árvore comum encontrada nas florestas da América Central e do Sul (HOLL 1998, REITZ et al. 1978). É muito plantada em reflorestamentos e sua madeira é explorada comercialmente na Amazônia (ALENCAR et al., 1981; HOLL, 1998).

2.1.2. Nomenclatura

Nome científico: *Calophyllum brasiliense* Cambess.

Segundo Ferreira (1975) *Calophyllum* significa folha bonita, e *brasiliense*, do Brasil. O nome comum, guanandi, provém do tupi gwanã'di e significa “o que é grudento”, por possuir uma gomo-resina amarelo-esverdeada, aromática, de sabor amargo, empregada na medicina humana como anti-reumática, contra tumores e útil contra úlceras crônicas, mas como muitas vezes produz irritação é utilizada mais para uso veterinário (CORREIA, 1926-1978 apud CARVALHO, 2003).

Nomes comuns: guanandi, olandi, olandim, jacareúba, gulande-carvalho, guanandi-carvalho, guanandi-cedro, landim, bálsamo jacareúba, cedro-do-pântano, guanandi amarelo, guanandi poca, guanandi jaca, olandi-carvalho, cedro maria (Costa Rica), palo maria (Peru), santa maria (Bolívia, USA). (CARVALHO, 2003).

2.1.3. Descrições ecológicas e morfológicas

A árvore apresenta copa oval e densa, 40 a 45 m de altura, podendo chegar a 180 cm de diâmetro na fase adulta, tronco cilíndrico e retilíneo revestido por casca grossa e fissurada longitudinalmente, de cor acinzentada. As folhas são simples, coriáceas e glabras, com nervação secundária paralela e muito característica, de 7 a 18 cm de comprimento. Flores reunidas em curtos racemos axilares de 2,5 a 6 cm de comprimento, brancas e duas formas: masculinas (com muitos estames) e hermafroditas ou bissexuais (com poucos estames). O fruto é uma drupa globosa, de 1 a 2 cm de diâmetro, indeiscente, de cor verde amarelada quando maduro, contendo uma única semente grande e igualmente esférica (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2003).

O guanandi pode ser descrito como uma espécie heliófila, com grande agressividade sobre a vegetação brejosa mais esparsa, porém alguns autores consideram-no uma espécie esciófila, que se regenera abundantemente na sombra. Pode ser classificada como espécie secundária e intermediária tardia ou clímax tolerante a sombra, dependendo do autor.

Todavia no litoral paranaense, há casos de formação pioneira de influência fluvial, onde se observam guanandizais, quase puros em condições pioneiras (CARVALHO, 2003).

Apresenta crescimento monopodial com galhos finos. A desrama natural do guanandi é fraca, necessitando de poda dos galhos (CARVALHO, 2003). Pode ser usado a pleno sol ou em plantio misto com outras espécies arbóreas ou agrícolas em sistemas agroflorestais.

2.1.4. Florescimento e reprodução

A espécie apresenta flores masculinas e hermafroditas. As masculinas são muito similares as flores hermafroditas em tamanho e morfologia, exceto pela ausência do pistilo. A maioria das Clusiaceae neotropicais são dióicas, mas espécies neotropicais da subfamília Calophylloideae são lembradas por possuírem flores perfeitas (GENTRY, 1996).

O guanandi possui floração e frutificação variável devido a sua ampla área de ocorrência. O processo reprodutivo inicia aos cinco anos de idade em plantio, em solo fértil e bem drenado, e normalmente aos 10 anos de idade (CARVALHO, 2003).

Em plantios comerciais o processo reprodutivo pode acontecer de forma mais rápida do que na vegetação nativa, isto foi observado por engenheiros da equipe técnica da Tropical Flora Reflorestadora Ltda., que segundo suas observações fenológicas realizadas nos plantios comerciais da empresa, estabelecidos na região de Garça de 2003 a 2008, aos dois anos já apresentou floração em algumas árvores, porém com pequena taxa de frutificação, a partir do terceiro ano o florescimento e frutificação se intensificaram, já apresentando sementes viáveis. O aumento da produção de sementes foi observado no quarto, quinto e sexto ano, tanto pelo aumento da quantidade de sementes por árvore, como também pelo aumento no número de árvores frutificando.

A dispersão de frutos e sementes dessa espécie pode ser autocórica, hidroórica e zoocórica, mas esta última parece ser predominante (CARVALHO, 2003), que serve de alimento para diversos animais, muitos deles ameaçados de extinção como o papagaio da cara-roxa (*Amazona brasiliensis*) (MARQUES, 1994), entre outros animais.

2.1.5. Distribuição e ocorrência

A espécie possui ampla distribuição natural, desde o México, através da América Central e Antilhas, até América do Sul. É encontrada desde 5 m, no litoral até 1500 m de altitude, em regimes com precipitações desde 1.100 mm até 4000 mm e estação seca de até três meses, com déficit hídrico moderado. Tolerância temperaturas médias anuais de 18,1 a 26°C. É encontrada, ainda, em locais que possuem geadas pouco frequentes (CARVALHO, 2003).

O guanandi ocorre naturalmente em solos aluviais com drenagem deficiente, em locais úmidos periodicamente inundáveis e brejosos, com textura arenosa a franca, e ácidos (pH 4,5 a 6,0). No Paraná ocorrem em solos de baixa fertilidade natural (CARVALHO, 2003).

Contudo, nos plantios experimentais desenvolvidos pela Embrapa Florestas, no Paraná – em solos com propriedades físicas adequadas, como de fertilidade química alta a média, bem drenados, de textura que varia de franca a argilosa, a espécie tem apresentado crescimento satisfatório, não apresentando limitação quanto à drenagem (CARVALHO, 2003).

Embora ainda frequentes, em algumas localidades as populações de guanandi estão sofrendo forte pressão, seja pela exploração ilegal de madeira ou pela destruição da floresta ciliar. A espécie está ameaçada de extinção no Paraguai. (CARVALHO, 2003).

2.1.6. Potencial medicinal

Quanto às atividades biológicas relatadas na literatura, esta é uma das espécies do gênero mais estudada, destacando-se as propriedades antibacterianas, antifúngicas, citotóxicas, inibitória da promoção de tumor, inibitória da replicação do HIV-1 IIIb/LAV dos extratos e frações das folhas, caules e raízes. Suas cascas são utilizadas para tratamento de reumatismos, varicose, hemorroidas e úlceras, e as folhas, para processos inflamatórios. Da resina do tronco foi isolada uma goma ácida esverdeada, consistindo na sua totalidade de dois compostos isoméricos, ácido brasiliênsico e ácido isobrasiliênsico (NOLDIN et al., 2006).

2.1.7. Características e usos da madeira

A madeira do guanandi é própria para confecção de canoas, mastros de navios, vigas, construção civil, obras internas, assoalhos, marcenaria e carpintaria. É bastante ornamental podendo ser utilizada para paisagismo. É uma espécie medicinal utilizada na medicina popular. A madeira do guanandi pode substituir esteticamente o mogno (*Swietenia spp.*) e o cedro (*Cedrela spp.*). (CARVALHO, 2003).

Sua madeira é relativamente fácil de ser trabalhada. Retém pregos e parafusos com firmeza e não apresenta grandes dificuldades na colagem. Fácil de serrar, ocasionalmente a presença de resina pode causar problemas. É boa para faquear e desenrolar. Pintura e verniz podem ser aplicados sem problemas. A secagem ao ar livre deve ser cuidadosa, pois a madeira apresenta alta tendência ao surgimento de rachaduras e empenamentos. A secagem em estufa deve ser feita com precaução e somente para peças com pouca grã entrecruzada (IPT, 2003). Programa de secagem podem ser obtidos em CTFT/INPA (s.d.) e Jankowsky (1990).

A madeira apresenta cerne e alburno pouco distintos pela cor; cerne bege-rosado tendendo para castanho, em alguns espécimes observa-se pequenas manchas longitudinais de coloração castanha mais escura; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade média; moderadamente dura ao corte; grã irregular; textura média; superfície lustrosa (IPT, 2003).

O Governo Federal do Brasil, em 1810, reservou para o Estado o privilégio de cortar esta árvore a fim de que a respectiva madeira fosse aplicada exclusivamente em mastros e vergas de navios; esse decreto foi inspirado talvez pelo fato de ser o caule do guanandi notavelmente alto e reto. O decreto de 7 de janeiro de 1835, dando novo regulamento para o corte das matas, classificou esta árvore como produtora de madeira de lei. (CORREIA, 1926-1978 apud CARVALHO, 2003).

2.2. Propagação vegetativa

A propagação vegetativa possui lugar especial no setor florestal, onde o seu uso econômico é justificado quando a disponibilidade de genótipos de alta produtividade e, ou, sementes é um insumo limitado; nestas condições, um programa que utiliza a propagação vegetativa pode distribuir com maior rapidez e eficiência os resultados de programas de melhoramento genético, reduzindo, assim, seus custos finais (MALAVASI, 1994; MOHIT et al., 1996; WENDLING, 1999). Além disso, na reprodução vegetativa consegue-se capturar o componente genético aditivo e o não aditivo, o que resulta em maiores ganhos dentro de uma mesma geração e seleção, maior uniformidade de crescimento e forma, melhores qualidades tecnológicas e uma série de outras características desejáveis (ELDRIDGE et al., 1994; MACRAE & COTTERILL, 1997; ASSIS, 1999).

Apesar de o método de propagação por estaca ser bastante interessante, não tem sido uma alternativa viável para algumas espécies, em face de alguns entraves, como a baixa capacidade de enraizar estacas, e da carência de informações de pomares formados com mudas oriundas de estacas, como é o caso do teca no Brasil. Algumas técnicas são utilizadas para tentar maximizar o porcentual de enraizamento de estacas, e entre as mais utilizadas destaca-se a aplicação exógena de hormônios sintéticos de crescimento da planta. O ácido indolbutírico (AIB) é um dos mais empregados e mais eficientes (DUNN et al., 1996; TONETTO et al., 1997; DUTRA et al., 1998), por ser fotoestável e ser imune à ação biológica (HOFFMANN et al., 1996; ONO & RODRIGUES, 1996).

O tratamento das estacas com fitorreguladores tem sido freqüente por aumentar a porcentagem de estacas que formam raízes, acelerar a formação das mudas, aumentar o número e a qualidade das raízes formadas em cada estaca, bem como melhorar a uniformidade de enraizamento (BORGES, 1978; BHATT et al., 1990).

Já para a variação na capacidade de enraizamento, Hartney (1980) relatou que as estacas de árvores mais velhas dificilmente enraízam. Além da idade, o enraizamento das estacas pode ser afetado por vários fatores, como: fisiológicos, diâmetro da estaca e altura da brotação (BLAKE, 1983); entre espécies e entre árvores de uma mesma espécie (CAMPINHOS JR. & IKEMORI, 1987; MCCOMB & WROTH, 1986) e também, entre materiais de primeira e segunda rebrota (COOPER & GRAÇA, 1987). A juvenilidade e a

concentração de auxina na base das estacas são os fatores básicos para o enraizamento. Segundo McComb e Wroth (1986), a capacidade de enraizamento sofre influência estacional, alterando o conteúdo hormonal e o vigor das brotações.

2.3. Propagação vegetativa de espécies nativas

Relatos de Candido et al. (1993), dizem que o açoita cavalo (*Luehea divaricata*) pode ser propagada por estaquia, e barbatimão (*Stryphnodendron barbadetiman*) pode ser multiplicado por meio de brotação do toco e sua regeneração ocorre por talhadia, obtida da árvore cortada em julho e agosto, podendo apresentar 2 metros, após seis meses. Para *Piptadenia perigrina*, Candido et al. (1993) relata que essa espécie pode ser multiplicada via estaquia.

Reitz et al. (1979) afirmam que o araribá (*Centrolobium robustum*), regenera-se por brotação do toco e, talvez, seja possível a sua multiplicação por estacas.

Garrido e Souza (1983) afirmam ser fácil a regeneração de touças de sobrasil (*Colubrina rufa*), já Carvalho (1982) diz que graças à conservação das gemas da base do toco, a espécie pode ser explorada por talhadia.

Relatos de Carvalho (1982) sugerem que é característica de louro pardo (*Cordia trichotoma*) rebrotar vigorosamente da cepa e também formar brotações de raízes superficiais.

Vieira (1972), propagando vegetativamente pau rosa (*Aniba duckei*), observou que esta espécie apresenta-se com grandes possibilidades de ser propagada por estaquia.

Realizando estaquia de erva mate (*Ilex paraguariensis*) e o pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) com auxílio de auxinas, Iratini e Soares (1983), obteve bons resultados em *I. paraguariensis*, enquanto evidenciou a necessidade de maiores estudos para a *A. angustifolia*, na qual ocorreu podridão da base, resultante da aplicação de auxinas.

Fonseca Filho (1948), ao mencionar a técnica de estaquia, diz textualmente que o angico vermelho é tão rústico, que se pode fazer o plantio por estacas diretamente no terreno, ou em balaies com estacas de 30 cm de comprimento por 1 ou 2 cm de diâmetro. Outra possibilidade, também mencionada pelo autor é o uso de brotação da cepa ou

toco. O mesmo autor relata que a braúna (*Melanoxylon braunea*) pode suportar uma exploração em regime de talhadia, por apresentar brotação do toco cortado.

Para cedro rosa (*Cedrela fissilis*), em teste de propagação vegetativa de miniestacas submetidas a diferentes dosagens do regulador de crescimento AIB para enraizamento, seus resultados demonstraram ser uma espécie de fácil propagação vegetativa, com alto enraizamento e sobrevivência das miniestacas, sendo que a não aplicação do AIB proporcionou melhores resultados. Para mogno (*Swietenia macrophylla*), submetido a regime semelhante, também se apresentou com potencial na propagação vegetativa sem o uso do AIB para enraizamento das miniestacas. Para o jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*), submetido a regime semelhante, os melhores resultados foram com a aplicação de AIB na dosagem de 4.000 ppm, onde atingiu 60% de miniestacas enraizadas aos 90 dias (SANTOS, 2002).

Com base nos diversos trabalhos revisados e disponíveis na atualidade a respeito da propagação vegetativa de espécies nativas, além de serem muito superficiais, também se referem a técnicas antigas de propagação vegetativa. Apesar de existirem novos trabalhos utilizando espécies nativas em propagação e melhoramento, as informações disponíveis ainda são insuficientes para subsidiar tecnologia necessária para o desenvolvimento de uma silvicultura clonal das mesmas. Isto reforça mais uma vez a necessidade de se traçar um protocolo básico, que suporte a propagação clonal dessas espécies nativas de interesse comercial, seja madeireiro ou não madeireiro, para sua utilização em programas de melhoramento e em plantios massais.

2.4. Parâmetros genéticos

Os melhoristas usam frequentemente como ferramenta os parâmetros genéticos nos estudos envolvendo progênes. São estimadas as variâncias genéticas em suas componentes aditivas e não aditivas, os coeficiente de herdabilidade, tanto no sentido amplo como restrito, as interações dos efeitos genéticos e ambientais e, finalmente, as correlações genéticas entre características (ROBINSON & COCKERHAM, 1965).

Segundo Vencovsky (1969), as estimativas dos parâmetros genéticos servem de base para: a) obterem-se informações sobre o tipo de ação dos genes em caracteres

quantitativos; b) orientação sobre o esquema mais adequado de seleção a ser adotado; e c) estimação do progresso esperado na seleção.

Após Comstock & Robinson (1948) terem desenvolvido os conceitos inicialmente enunciados por Fisher em 1918 e Wright em 1935, em termos de obtenção dos componentes de variância genética a partir de famílias de irmãos completos e de meio irmãos, um grande avanço foi observado na estimação dos parâmetros genéticos de populações.

Conforme enfatizou Falconer (1964), a variância genética aditiva, ou a variância dos valores reprodutivos, é o componente mais importante, já que é a principal causa da semelhança entre parentes e, portanto, o principal determinante das propriedades genéticas observadas da população e da resposta desta à seleção.

Moraes (2001) ao comentar sobre as variâncias coloca a herdabilidade como o quociente entre as variâncias genótípicas e fenótípicas, sendo que por meio dela pode-se medir a eficiência esperada da seleção no aproveitamento da variabilidade genética. Este coeficiente de herdabilidade pode representar um sentido amplo ou restrito, onde o sentido amplo expressa a proporção da variância genética em relação à variância fenotípica total observada e o sentido restrito apresenta a quantidade relativa da variância genética que é utilizável no melhoramento.

Segundo Squillace et al. (1967), as estimativas de herdabilidade são ajudas valiosas no planejamento de programas de melhoramento florestal que envolvem seleção, auxiliando no julgamento sobre a quantidade de esforço relativo que deve ser despendido em cada uma das características que se está melhorando. Isso tem particular interesse para a seleção em espécies florestais onde, em função do seu longo ciclo e de suas características específicas, o enfoque é mais para a sofisticação nos métodos de seleção do que nos métodos de melhoramento.

É importante dar-se conta de que a herdabilidade não é uma propriedade de um caráter unicamente, mas sim também da população e das circunstâncias ambientais a que estão sujeitos os indivíduos que compõem a mesma (FALCONER, 1964). Zobel (1961) mostra a importância desse fato em espécies florestais, sugerindo que as herdabilidades sejam obtidas para árvores em idade de corte, servindo as estimativas obtidas em idades anteriores somente como indicativas.

Quando se trata de obter informações experimentais com relação às variâncias genéticas, tanto os genótipos como os ambientes se convertem em amostras de ambas as categorias de população. Segundo Vencovsky (1969), tendo sido definida a população base de genótipos, a amostragem consiste em dela se obterem indivíduos com certo grau de parentesco e das covariâncias entre esses indivíduos aparentados são estimadas as variâncias genéticas da população base.

Dessa forma, conforme Falconer (1964), qualquer componente de variância entre grupos de indivíduos aparentados é igual à covariância dos membros desse grupo. A variância entre médias de famílias de meios-irmãos estima, portanto, a covariância genotípica de meios-irmãos, a qual equivale aproximadamente a um quarto da variância aditiva. As estimativas de variância genética aditiva obtida dessa forma não são livres das variâncias epistáticas.

É de grande importância o conhecimento dos requisitos feitos para as interpretações genéticas dos componentes da variância. Comstock & Robinson (1948) têm relacionado os seguintes requisitos básicos para essa interpretação: a) pareamento de indivíduos tomados ao acaso na produção de progênies experimentais; b) distribuição ao acaso dos genótipos nos distintos ambientes; c) ausência de efeitos maternos; d) herança regular diplóide; e) equilíbrio de ligação nas progênies amostradas e f) ausência de epistasia.

Desde que a maioria dos caracteres de importância econômica, tal como a produção, é complexa quanto à sua herança e podem envolver diversos caracteres relacionados, o grau de correlação genotípica dos caracteres é um parâmetro também bastante importante (ROBINSON et al., 1951).

Os caracteres correlacionados conforme Falconer (1964) são de interesse por duas razões principais: a) em conexão com as causas genéticas de correlação através da ação pleiotrópica dos genes e b) em conexão com as mudanças produzidas pela seleção, ou como o melhoramento de um caráter pode causar mudanças simultâneas em outros caracteres.

Nos estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre os caracteres: a causa genética e a causa ambiental. Segundo Vencovsky (1978), a correlação devida a causas genéticas, e que mede a associação genética entre as duas características, interfere ou participa na seleção, sendo causada por efeitos pleiotrópicos dos

genes ou então por falta de equilíbrio de ligação. O ambiente é uma causa de correlação nos casos em que dois caracteres estejam sendo influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais.

A estimação de correlações genéticas se baseia, conforme Falconer (1964), na semelhança entre indivíduos aparentados, de forma análoga à obtenção das variâncias genéticas. Dessa forma, na análise de famílias de meios-irmãos, o componente de covariância entre progênies estima um quarto de covariância aditiva, ou seja, um quarto da covariância dos valores reprodutivos dos dois caracteres. A correlação genética entre caracteres assume grande importância quando se pratica a seleção num dado caráter e se quer prever a resposta em outro caráter correlacionado ao primeiro.

A predição de valores genéticos exige a prévia estimação dos componentes de variância e de parâmetros genéticos. De maneira genérica, a predição pode ser efetuada por três procedimentos e situações distintas (RESENDE, 1997a: a) Melhor Predição – BP (“Best Prediction”) - iguais quantidades e precisões de informações associadas a todos os candidatos à seleção, onde as médias e variâncias são conhecidas ou estimadas com exatidão; b) Melhor Predição Linear – BLP (“Best Linear Prediction”) - diferentes quantidades e precisões de informações associadas a todos os candidatos à seleção, com médias e variâncias conhecidas ou estimadas com precisão e c) Melhor Predição Linear Não - Viciada - BLUP (“Best Linear Unbiased Prediction”)- diferentes quantidades e precisões das informações associadas aos candidatos à seleção, sendo a variância conhecida ou estimada com precisão e a média não conhecida.

Desta forma, o método BP utiliza os mesmos pesos (ponderadores das informações fenotípicas) para todos os indivíduos candidatos à seleção, ao passo que os métodos BLP e BLUP implicam na utilização de diferentes pesos para os candidatos à seleção. Dentre esses procedimentos, o BLUP é o mais completo e conduz à maximização do ganho genético, por ciclo de seleção (RESENDE, 1997a e 1997b).

Resende (2002b) reestruturou recentemente o programa computacional SELEGEN - Seleção Genética, elaborado pelo próprio autor e cooperadores (RESENDE et al., 1994a), adequando-o para a análise de qualquer tipo de dado, pelo procedimento ótimo de Máxima Verossimilhança Restrita (REML) e Melhor Predição Linear Não Viciada (BLUP), com aperfeiçoamentos contemplando cinquenta diferentes estruturas experimentais, inclusive

testes de progênies e procedências em vários locais, com estudo de interação genótipo x ambiente.

O SELEGEN-REML/BLUP atende às exigências de experimento balanceado e não balanceado. Se adotados modelos em nível individual, o programa computacional fornece: a) valores genéticos aditivos preditos; b) valores genotípicos preditos; c) estimativas de componentes de variância; d) ordenamento dos candidatos à seleção, segundo valores genéticos aditivos ou genotípicos; e) estimativas de ganhos genéticos; f) estimativas do tamanho efetivo populacional; g) estimativas da interação genótipo x ambiente e h) estimativas do valor genético de cruzamentos. Outra vantagem, é que o SELEGEN-REML/BLUP abrange os delineamentos experimentais de blocos ao acaso e látice, os delineamentos de cruzamento para polinização aberta e controlada (progênies de meios irmãos e irmãos completos, cruzamentos dialélicos, fatoriais, hierárquicos, delineamentos não balanceados, híbridos), bem como testes clonais, uma ou várias populações, experimentos repetidos em vários locais, uma ou várias plantas por parcela, presença ou ausência de medidas repetidas (RESENDE, 2002b).

O programa emprega modelos, estimadores e preditores apresentados por Resende et al. (1994b), Resende & Rosa Perez (1999) e Resende (2000; 2002a), podendo ser aplicado às plantas alógamas, autógamas e com sistema reprodutivo misto. É direcionado às espécies perenes e semiperenes, podendo também ser aplicado às espécies anuais.

De acordo com Resende et al. (2000), as principais vantagens do procedimento REML/BLUP são: a) simultaneamente corrige os dados para os efeitos ambientais, estima os parâmetros genéticos e prediz os valores genéticos; b) permite comparar indivíduos através do tempo e espaço; c) produz resultados não viciados; d) maximiza a acurácia seletiva; e) maximiza o ganho genético e a eficiência dos programas de melhoramento; f) não exige balanceamento dos dados; g) permite utilizar simultaneamente um grande número de informações, gerando estimativas mais precisas; h) permite lidar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes locais, diferentes gerações, diferentes idades, interação genótipos x ambientes, cruzamentos dialélicos e fatoriais, delineamentos em látice, etc) e i) permite a predição de efeitos de dominância.

3. OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho foram: (a) Avaliar a eficiência da técnica de estaquia na propagação vegetativa do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), a fim de estabelecer o protocolo de enraizamento e propagação da espécie; (b) avaliar quantitativamente e qualitativamente as raízes provenientes do enraizamento de estacas caulinares e (c) estimar os parâmetros genéticos quantitativos para os caracteres relacionados ao enraizamento de estacas, em testes de progênies e de clones.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho faz parte do Programa de Melhoramento Genético do Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess), iniciado e realizado pela Tropical Flora Reflorestadora em parceria com a Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA / UNESP) campus de Botucatu, através do Departamento de Produção Vegetal, e do programa de pós-graduação em Ciência Florestal.

O trabalho contou com três testes de enraizamento ao longo dos anos de 2007 a 2010, que foram instalados na casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal, da FCA / UNESP. As estacas utilizadas foram provenientes do viveiro da Tropical Flora Reflorestadora e de suas áreas de plantio comercial, localizados na região de Garça/SP, a 170 km de Botucatu/SP, local do estudo.

Foram testadas diferentes doses do ácido indolbutírico (AIB), reguladora de crescimento para enraizamento, tradicionalmente utilizado na propagação vegetativa, buscando identificar o intervalo de concentração mais adequada para a espécie. Também foram avaliados tipos de estacas, proveniente de mudas e provenientes de diferentes posições da árvore (apical, copa, base), lignificadas e tenras.

Os materiais utilizados nos experimentos como tubetes, bandejas e substrato foram cedidos pelo viveiro florestal do Departamento de Recursos Naturais da FCA /

UNESP. Foi utilizado substrato comercial de mesmo tipo e marca para todos os testes de enraizamento, de nome comercial MECPLANT, composto por casca de pinus, vermiculita, corretivo de acidez e fertilizantes minerais, apresentando uma capacidade de troca catiônica (CTC) de 200 mmol c/kg.

4.1. Primeiro teste de enraizamento

O primeiro teste de enraizamento teve como objetivo testar a maior quantidade de possibilidades possíveis, a fim de se obter uma direção a seguir para os testes subsequentes. Desta forma, foram testados diferentes tipos de estacas provenientes de árvores, avaliando a capacidade de enraizamento de material maduro, as estacas foram retiradas de três regiões da árvore, da base (0 a 50 cm de altura), da copa (0,5 a 2,0 m de altura) e do ponteiro (acima de 3,0 m de altura), e foram separadas em dois tipos, lignificadas e tenras.

As árvores que forneceram o material utilizado para o primeiro teste de enraizamento eram provenientes de um talhão produtivo da Tropical Flora localizado na Fazenda Enseada (Garça - SP), com quatro anos de idade, provenientes de uma mistura de procedências, apresentando boas condições de nutrição e livre de pragas e doenças.

Em todos os tipos de estacas foram aplicados cinco diferentes doses de ácido indolbutírico (AIB), contabilizando a testemunha. As concentrações das doses do AIB aplicadas foram: 0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm. As estacas foram plantadas em tubetes de polietileno, com 45 mm de diâmetro e capacidade de 68 cm³. O teste totalizou 30 tratamentos, compostos por 3 repetições, com parcelas de 4 estacas, instalado no início da estação da primavera, no dia 19 de setembro de 2007 e avaliado em 20 de janeiro de 2008, quatro meses mais tarde.

Na tabela 1 são apresentadas as descrições do teste, indicando o tratamento (1 a 30), a posição de onde foi retirada a estaca (base, copa e ponteiro), o tipo de estaca (lignificada ou tenra) e a dose de AIB utilizada (0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm). Na figura 2 se observa os dois tipos de estacas utilizados (lignificadas e tenras) e na figura 3 a disposição final do experimento, respectivamente.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos (1 a 30), posição das estacas (base, copa, ponteiro), tipos de estacas (lignificada e tenra) e as doses aplicadas de AIB (0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm), realizados com o Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

1º TESTE DE ENRAIZAMENTO / GUANANDI - DATA : 19/09/2007							
TRATAMENTO	POSIÇÃO	TIPO	DOSE (AIB) ppm	TRATAMENTO	POSIÇÃO	TIPO	DOSE (AIB) ppm
1	Ponteiro	Lignificada	0	6	Ponteiro	Tenra	0
2	Ponteiro	Lignificada	100	7	Ponteiro	Tenra	100
3	Ponteiro	Lignificada	1000	8	Ponteiro	Tenra	1000
4	Ponteiro	Lignificada	5000	9	Ponteiro	Tenra	5000
5	Ponteiro	Lignificada	10000	10	Ponteiro	Tenra	10000
11	Copa	Lignificada	0	16	Copa	Tenra	0
12	Copa	Lignificada	100	17	Copa	Tenra	100
13	Copa	Lignificada	1000	18	Copa	Tenra	1000
14	Copa	Lignificada	5000	19	Copa	Tenra	5000
15	Copa	Lignificada	10000	20	Copa	Tenra	10000
21	Base	Lignificada	0	26	Base	Tenra	0
22	Base	Lignificada	100	27	Base	Tenra	100
23	Base	Lignificada	1000	28	Base	Tenra	1000
24	Base	Lignificada	5000	29	Base	Tenra	5000
25	Base	Lignificada	10000	30	Base	Tenra	10000



Figura 3. Casa de vegetação do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal utilizada nos experimentos de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Nas figuras 3,4 e 5 podem ser visualizados a casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal utilizada nos experimentos, o detalhe dos dois tipos de estacas utilizadas tenras (esquerda) e lignificadas (direita), e a disposição final dos tratamentos acomodados nos tubetes e bandejas plásticas, respectivamente.



Figura 4. os dois tipos de estacas utilizadas, tenras (esquerda) e lignificadas (direita), de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).



Figura 5. disposição do experimento de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) após a sua instalação.

4.2. Segundo teste de enraizamento

No segundo teste de enraizamento, foram eliminadas as estacas lignificadas provenientes da copa e do ponteiro das árvores, que não apresentaram resultados satisfatórios, e inseridas estacas provenientes de mudas, objetivando avaliar estacas de material juvenil. Foram também inseridas duas novas doses de AIB, totalizando sete concentrações diferentes contabilizando a testemunha.

Desta forma foram utilizadas no segundo teste estacas provenientes de mudas de sementes de uma mesma procedência, com idade de seis meses (40 cm de altura, boa sanidade e prontas para o plantio) e fornecidas pelo viveiro da Tropical Flora. Foram também utilizados brotos tenros provenientes da base das árvores, sendo estas as mesmas que forneceram material para o primeiro teste, ou seja, provenientes de um talhão produtivo da Tropical Flora localizado na Fazenda Enseada (Garça - SP), de procedências misturadas, apresentando boas condições de nutrição, livre de pragas e doenças e neste momento com cinco anos de idade.

Foi aplicado o AIB nas concentrações de 0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm. As estacas foram plantadas em tubetes de polietileno com 34 mm de diâmetro e capacidade de 43 cm³. O teste totalizou 14 tratamentos, compostos por 4 quatro repetições e parcelas de 5 estacas, sendo implantado em fevereiro de 2009 e avaliado em julho de 2009, aos cinco meses.



Figura 6. disposição do 2º experimento de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) nas bandejas.



Figura 7. raízes de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) saindo na base dos tubetes.

Nas figuras 6 e 7 se observam a disposição final do segundo teste instalado nas bandejas de tubetes, e a visualização das raízes saindo pela base dos tubetes, respectivamente. Na tabela 2, são apresentadas as informações do segundo teste realizado, informando o tratamento (1 a 14), a posição de onde foram retiradas as estacas (base das árvores e ponteiro das mudas), tipo da estaca (proveniente de mudas e árvores) e a dose de AIB utilizada (0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos (1 a 14), posição das estacas (base das árvores e ponteiro das mudas), tipo da estaca (proveniente de mudas e árvores) e as doses aplicadas de AIB (0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm), realizado em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)

1º TESTE DE ENRAIZAMENTO / GUANANDI - DATA : 01/03/2009			
TRATAMENTO	POSIÇÃO	TIPO	DOSE (AIB) ppm
1	Base	Árvore	0
2	Base	Árvore	100
3	Base	Árvore	1000
4	Base	Árvore	3000
5	Base	Árvore	5000
6	Base	Árvore	7000
7	Base	Árvore	10000
8	Ponteiro	Muda	0
9	Ponteiro	Muda	100
10	Ponteiro	Muda	1000
11	Ponteiro	Muda	3000
12	Ponteiro	Muda	5000
13	Ponteiro	Muda	7000
14	Ponteiro	Muda	10000

4.3. Terceiro teste de enraizamento

No terceiro teste de enraizamento, foi utilizada a dose de ácido indolbutírico (AIB) que obteve o melhor desempenho nas estacas proveniente de mudas e das estacas provenientes da base das árvores, sendo que para os dois tipos de estacas a dose que apresentou o melhor resultado foi a mesma, a dose de 3.000 ppm. O ensaio foi implantado em forma de teste de progênes, por sementes e por clones, para estimar os parâmetros genéticos quantitativos para as características relacionadas ao enraizamento das estacas.

O teste de progênes foi implantado com estacas de mudas provenientes de sementes de uma mesma procedência, utilizando um total de nove progênes (tratamentos), realizadas em quatro repetições, com cinco estacas por parcela. As progênes foram selecionadas em uma população de cinco anos de idade de uma mesma procedência, provenientes de um talhão produtivo localizado na Fazenda Luvre (Fernão – SP) de propriedade da Tropical Flora, onde foram selecionados indivíduos superiores quanto ao crescimento e desenvolvimento em altura e diâmetro, bem como quanto à disponibilidade de sementes, como podem ser visualizadas nas figuras 8 e 9.



Figura 8. processo de seleção de indivíduos superiores de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) para a realização do teste de progênes.



Figura 9. processo de seleção de indivíduos superiores de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) para a realização do teste de progênes.

No teste clonal foram utilizadas estacas tenras localizadas na base das árvores, estas provenientes de um talhão produtivo da Tropical Flora localizado na Fazenda Enseada (Garça – SP) de uma mesma procedência, selecionados de acordo com a disponibilidade de brotações tenras localizadas na base das árvores (0 a 50 cm de altura), e apresentando quatro anos de idade, totalizando 22 indivíduos selecionados, gerando um total de 22 tratamentos, compostos por quatro repetições e quatro estacas por parcela. A avaliação estatística considerou a média das parcelas.

As estacas foram plantadas em tubetes de polietileno com 34 mm de diâmetro e capacidade de 43cm³. Os testes de enraizamento de progênies e clones foram implantados nos meses de fevereiro e março de 2010, e avaliados nos meses de julho e junho, respectivamente.

Nas figuras 10 e 11, podem ser visualizadas as brotações utilizadas bem como as estacas se apresentavam ao final dos testes de enraizamento.



Figura 10. visualização das estacas tenras localizadas na base das árvores de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) selecionadas para o teste de enraizamento de clones.



Figura 11. visualização das estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) enraizadas recém retiradas dos tubetes.



Figura 12. detalhe do tamanho das estacas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) utilizadas no teste de enraizamento de progênies.



Figura 13. detalhe das estacas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) enraizadas limpas e prontas para a análise no scanner.



Figura 14. raízes de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) já cortadas e acomodadas na bandeja de acrílico prontas para a análise.

Nas figuras 12, 13 e 14 se observam o tamanho das estacas utilizadas no teste de progênies, as raízes das estacas recém retiradas dos tubetes e lavadas, e as raízes já cortadas, separadas e acomodadas na bandeja de acrílico para serem avaliadas no scanner, respectivamente.

O teste objetivou determinar os parâmetros genéticos para os caracteres relacionados ao enraizamento, como a quantidade e qualidade de raízes, utilizando uma dose comum, visando produzir o melhor resultado de enraizamento, a fim de obter estacas enraizadas o suficiente para efetuar sua análise em scanner, e o processamento das imagens obtidas através do software WINRHIZO, amplamente utilizado em estudos detalhados de raízes, e que disponibiliza os caracteres de: comprimento total de raiz, área superficial total, área superficial projetada, volume total projetado e diâmetro médio das raízes.

Com a obtenção detalhada destas informações e adicionando o peso seco das raízes, reunindo dessa forma seis variáveis relacionadas à qualidade das raízes, foi realizada uma análise dos parâmetros genéticos através do software SELEGEN, que estima os parâmetros genéticos como: variância aditiva e não aditiva, coeficientes de herdabilidade, interações dos efeitos genéticos e ambientais e as correlações genéticas entre as características.

Nas figuras 15 e 16, são apresentadas a sala de análise de raízes do Departamento de Agricultura e Melhoramento Vegetal, e o detalhe do scanner de raízes utilizado, respectivamente.

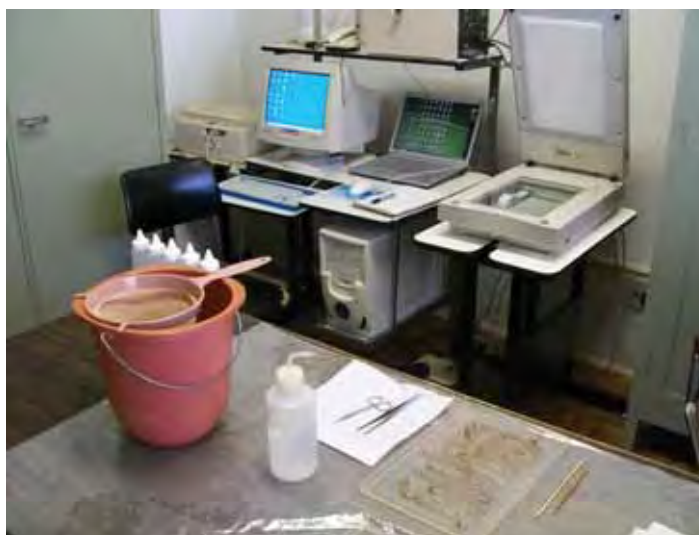


Figura 15. sala de análise de raízes e dos equipamentos utilizados.



Figura 16. scanner de raízes utilizado no trabalho.

4.4. Estimativa dos parâmetros genéticos quantitativos.

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP), a partir de dados desbalanceados, empregando-se o programa genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007b).

4.4.1. Teste Clonal

As estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres quantitativos que foram analisados nas progênies clonais do *Calophyllum brasiliense* Cambess. em nível de média de parcelas, foram baseados nos trabalhos de Kageyama (1980) e Vencovsky & Barriga (1992).

- Variância Fenotípica (σ^2_f) = $\sigma^2_{da} + \sigma^2_e + \sigma^2_{cl}$
- Coeficiente de Variação Experimental (C.Ve) = $(100.\sqrt{QMerro}) / \text{média}$
- Coeficiente de Variação Fenotípica (C.V. fenotípica) = $(100.\sqrt{\sigma^2_f}) / \text{média}$
- Coeficiente de Variação Dentro Ambiental (C.V. dentro ambiental) = $(100.\sqrt{\sigma^2_{da}}) / \text{média}$
- Coeficiente de Variação de clones (C.V. progênies clonais) = $(100.\sqrt{\sigma^2_{cl}}) / \text{média}$
- Herdabilidade no sentido amplo (h^2_g) = $\sigma^2_{cl} / \sigma^2_f$
- Herdabilidade (h^2_{mc}) = $\sigma^2_{cl} / \sigma^2_f$

Para a realização da estimativa dos parâmetros genéticos quantitativos foi utilizado o programa computacional SELEGEN, segundo modelo reportado por Steel e Torrie (1980), considerando-se todos os efeitos como aleatórios, exceto a média (RESENDE, 2007b). Seguem abaixo a descrição dos modelos estatísticos utilizados.

Modelo estatístico 20: blocos ao acaso, teste de clones não aparentados, uma observação por parcela

O modelo estatístico 20 se aplica a testes clonais, não aparentados, com delineamento de blocos ao acaso, com uma observação por parcela. Conforme modelo proposto por Resende (2007b). As variáveis foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo uni variado)-REML/BLUP, seguindo o procedimento proposto por Resende (2007a):

$$Y = Xr + Zg + e$$

Onde:

Y = é o vetor de dados

r = é o vetor dos efeitos de repetição

g = é o vetor dos efeitos genotípicos

e = é o vetor de erros ou resíduos

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A sequência de dados para a análise empregando o modelo 20, no programa computacional SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2007b) foi a seguinte:

Parcela, Genótipo, Repetição, Parcela, Variáveis.

4.4.2. Teste de Progênie

As estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres quantitativos que foram analisados nas progênies de *Calophyllum brasiliense* Cambess. em nível de média de parcelas, foram baseados nos trabalhos de Kageyama (1980) e Vencovsky & Barriga (1992).

- Variância Fenotípica (σ^2_f) = $\sigma^2_{da} + \sigma^2_e + \sigma^2_{cl}$
- Coeficiente de Variação Experimental (C.V. experimento) = $100 \cdot \sqrt{Q_{Merro} / \text{média}}$
- Coeficiente de Variação Fenotípica (C.V. fenotípica) = $100 \cdot \sqrt{\sigma^2_f / \text{média}}$
- Coeficiente de Variação Dentro Ambiental (C.V. dentro ambiental) = $100 \cdot \sqrt{\sigma^2_{da} / \text{média}}$
- Coeficiente de Variação de clones (C.V. progênies clonais) = $100 \cdot \sqrt{\sigma^2_{cl} / \text{média}}$
- Herdabilidade no sentido amplo (h^2_{sa}) = $\sigma^2_{cl} / \sigma^2_f$

No teste de enraizamento de progênies para a avaliação dos caracteres relacionados à formação de raiz, emissão de brotos e sobrevivência foram utilizados os modelos estatísticos do programa computacional SELEGEN (Resende, 2007b) apresentados abaixo.

Modelo estatístico 19: blocos ao acaso, progênies de meios irmãos, uma observação por parcela.

$$y = Xr + Za + e,$$

Onde:

y = é o vetor de dados

r = é o vetor dos efeitos de repetição

a = é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais

e = é o vetor de erros ou resíduos

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Para a avaliação dos caracteres relacionados à qualidade e quantidade de raízes como o comprimento total, área superficial total, área superficial projetada, volume total de raiz, diâmetro médio de raízes e peso seco, foi utilizado os modelos estatísticos do SELEGEN (Resende, 2007b) apresentados abaixo.

Modelo estatístico 01: blocos ao acaso, progênies de meios irmãos, várias plantas por parcela.

$$y = Xr + Za + Wp + e$$

Onde:

y = é o vetor de dados

r = é o vetor dos efeitos de repetição

a = é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais

p = é o vetor dos efeitos de parcela

e = é o vetor de erros ou resíduos

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Referente às correlações genéticas e fenotípicas os modelos estatísticos do programa computacional SELEGEN (Resende, 2007b) utilizados foram:

Modelo estatístico 102: correlações genéticas

Este modelo foi aplicado para obtenção das estimativas de correlações genéticas, e utilizou os arquivos de resultados processados pelas análises individuais dos modelos 01 e 19.

Modelo estatístico 105: correlações fenotípicas

Este modelo foi aplicado para obtenção das estimativas de correlações fenotípicas, e utilizou os arquivos dos resultados processados pelas análises individuais dos modelos 01 e 19.

4.5. Análises estatísticas

Para as comparações de médias dos dados referentes à porcentagem de sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1978), através do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2003), utilizados no primeiro e no segundo teste de enraizamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados do primeiro teste

Os parâmetros analisados foram sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo, avaliados em uma observação realizada aos 120 dias após a implantação do teste, período em que foi possível verificar os indícios de formação de raízes. Para a observação de formação de raiz e ocorrência de calo, todas as estacas foram retiradas dos tubetes e avaliadas uma a uma.

A média geral de sobrevivência dos tratamentos foi de 60,2%, sendo prejudicada principalmente pela ocorrência de fungos nas estacas, provavelmente devido ao longo período de permanência na casa de vegetação, e ou ao excesso de umidade observada na mesma ao longo dos 120 dias de realização do experimento. Não foi realizada nenhuma pulverização de fungicida neste teste desde a sua implantação.

Na tabela 3, estão apresentados em porcentagem os resultados obtidos dos 30 tratamentos efetuados, onde foram avaliados os índices de sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo, onde se observa que os melhores resultados, tanto para as estacas tenras como para as lignificadas, foram obtidos nos tratamentos de estacas provenientes da base das árvores (21 a 30), fato também demonstrado nas figuras 12 e 13.

Tabela 3. Resultados obtidos para os tratamentos (1 a 30) realizados, apresentados em porcentagem, onde foram analisadas a sobrevivência, a formação de raiz, a emissão de broto e a formação de calo, para as cinco doses (0, 100, 1.000, 5.000 e 10.000 ppm) de AIB utilizadas, para os dois tipos de estacas (tenras e lignificadas), retiradas de três posições das árvores (ponteiro, copa e base) de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) e o coeficiente de determinação (R^2).

Tratamento	Posição	Tipo	Dose (ppm)	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Broto	Formação de Calo
1	Ponteiro	Lignificadas	0	41,7%	0,0%	0,0%	0,0%
2	Ponteiro	Lignificadas	100	16,7%	0,0%	8,3%	0,0%
3	Ponteiro	Lignificadas	1000	58,3%	0,0%	25,0%	41,7%
4	Ponteiro	Lignificadas	5000	50,0%	0,0%	16,7%	0,0%
5	Ponteiro	Lignificadas	10000	66,7%	8,3%	41,7%	25,0%
R^2	Ponteiro	Lignificadas	-	0,47	0,77	0,70	0,05
6	Ponteiro	Tenras	0	75,0%	0,0%	0,0%	16,7%
7	Ponteiro	Tenras	100	75,0%	0,0%	16,7%	0,0%
8	Ponteiro	Tenras	1000	66,7%	16,7%	33,3%	16,7%
9	Ponteiro	Tenras	5000	58,3%	0,0%	25,0%	25,0%
10	Ponteiro	Tenras	10000	66,7%	0,0%	25,0%	33,3%
R^2	Ponteiro	Tenras	-	0,32	0,08	0,16	0,71
11	Copa	Lignificadas	0	16,7%	0,0%	8,3%	0,0%
12	Copa	Lignificadas	100	25,0%	0,0%	0,0%	25,0%
13	Copa	Lignificadas	1000	25,0%	8,3%	16,7%	8,3%
14	Copa	Lignificadas	5000	50,0%	0,0%	25,0%	41,7%
15	Copa	Lignificadas	10000	25,0%	8,3%	16,7%	16,7%
R^2	Copa	Lignificadas	-	0,11	0,23	0,33	0,11
16	Copa	Tenras	0	83,3%	0,0%	0,0%	8,3%
17	Copa	Tenras	100	100,0%	0,0%	0,0%	25,0%
18	Copa	Tenras	1000	91,7%	25,0%	8,3%	25,0%
19	Copa	Tenras	5000	91,7%	8,3%	8,3%	25,0%
20	Copa	Tenras	10000	91,7%	8,3%	8,3%	8,3%
R^2	Copa	Tenras	-	0,00	0,01	0,45	0,14
21	Base	Lignificadas	0	8,3%	0,0%	8,3%	0,0%
22	Base	Lignificadas	100	33,3%	8,3%	33,3%	16,7%
23	Base	Lignificadas	1000	58,3%	25,0%	41,7%	16,7%
24	Base	Lignificadas	5000	33,3%	16,7%	25,0%	16,7%
25	Base	Lignificadas	10000	91,7%	66,7%	83,3%	16,7%
R^2	Base	Lignificadas	-	0,60	0,80	0,64	0,17
26	Base	Tenras	0	91,7%	8,3%	8,3%	0,0%
27	Base	Tenras	100	91,7%	33,3%	33,3%	16,7%
28	Base	Tenras	1000	100,0%	83,3%	66,7%	0,0%
29	Base	Tenras	5000	58,3%	33,3%	25,0%	0,0%
30	Base	Tenras	10000	66,7%	8,3%	0,0%	16,7%
R^2	Base	Tenras	-	0,63	0,14	0,27	0,15

Tabela 4: Análise de variância dos caracteres avaliados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)

Fonte de Variação	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Broto	Formação de Calo
	Valor f (significância)			
Tratamento	0,0000	0,0000	0,0015	0,5069
Repetição	0,1219	0,3741	0,1219	0,0471
CV	19,23	18,17	31,43	27,25
1	1,33 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
2	1,00 a	1,00 a	1,00 a	2,00 a
3	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,67 a
4	1,67 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
5	1,67 a	1,00 a	1,67 a	1,00 a
6	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,33 a
7	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
8	2,00 a	1,00 a	1,67 a	1,33 a
9	1,67 a	1,00 a	1,33 a	1,33 a
10	2,00 a	1,00 a	1,67 a	1,33 a
11	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
12	1,33 a	1,00 a	1,00 a	1,33 a
13	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
14	1,67 a	1,00 a	1,33 a	1,67 a
15	1,33 a	1,00 a	1,00 a	1,33 a
16	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
17	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,33 a
18	2,00 a	1,33 ab	1,00 a	1,33 a
19	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,33 a
20	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
21	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
22	1,33 a	1,00 a	1,33 a	1,33 a
23	1,67 a	1,33 ab	1,33 a	1,33 a
24	1,33 a	1,00 a	1,33 a	1,00 a
25	2,00 a	2,00 b	2,00 a	1,00 a
26	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
27	2,00 a	1,33 ab	1,33 a	1,00 a
28	2,00 a	2,00 b	2,00 a	1,00 a
29	2,00 a	1,33 ab	1,33 a	1,00 a
30	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a

*CV: Coeficiente de Variação; teste de Tukey a 5% de probabilidade

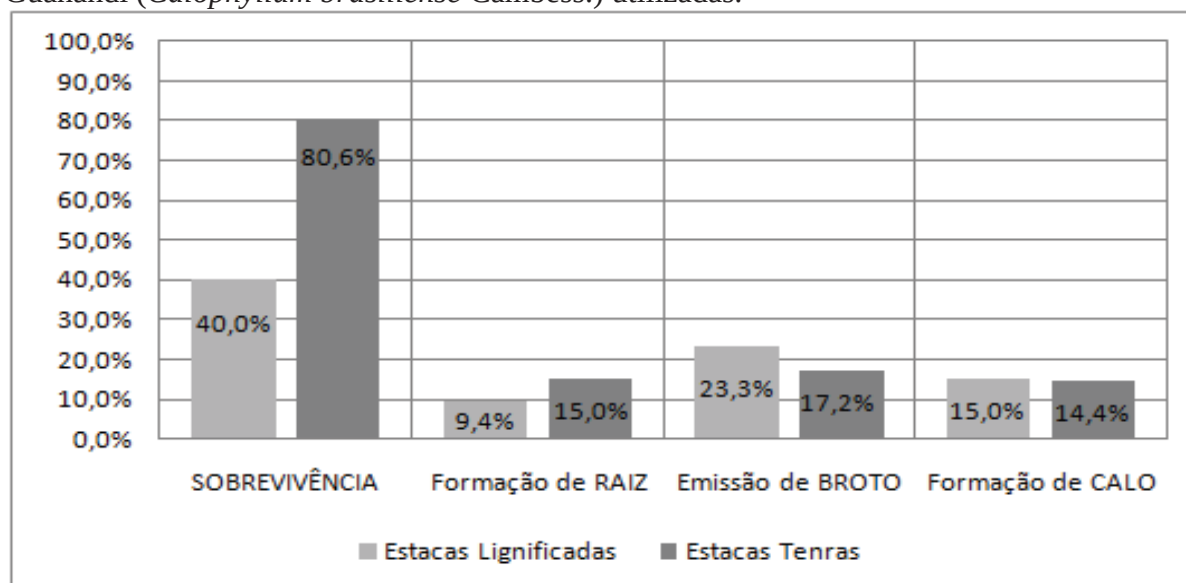
Os resultados da análise de variância obtidos através do teste de Tukey a 5%, apresentadas na tabela 5, não apresentaram diferenças significativas para sobrevivência, emissão de brotos e formação de calo, apenas para formação de raiz se observou diferença significativa, para os tratamentos 18, 23, 25, 27, 28 e 29, todas de estacas provenientes da base das árvores, exceto o tratamento 18.

Como destaque, observou-se que o tratamento 28 obteve o melhor desempenho, apresentando uma taxa de formação de raiz de 83,3% em 100% de sobrevivência das estacas, conforme observado na tabela 4.

Para a análise de variância, foi necessário realizar o artifício de transformação através da aplicação da equação $(X+0,5)^{1/2}$, para normalização dos dados. Esse artifício teve como objetivo obter coeficientes de variação experimental (CV) dentro dos limites máximos desejados. De fato para a formação de raiz, objetivo principal do estudo, o CV ficou em 18,17%, abaixo do limite de 20% desejável, uma vez que o erro deve apresentar uma distribuição normal dos dados.

Na figura 17, observa-se a comparação das médias gerais da sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo, obtidas para os dois tipos de estacas utilizadas, onde as tenras foram superiores na formação de raiz (15% contra 9,4%) e sobrevivência (80,6% contra 40%), e as lignificadas foram superiores na emissão de brotos (23,3% contra 17,2%) e na formação de calo (15% contra 14,4%).

Figura 17: Comparação das médias gerais de sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo, obtidas para os dois tipos de estacas (tenras e lignificadas) de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) utilizadas.



Comparando as três posições de onde se obtiveram as estacas (ponteiro, copa e base), foi observado que as provenientes da base (0 a 50 cm) das árvores apresentaram os melhores resultados para sobrevivência, formação de raiz e emissão de broto, somente sendo inferior na formação de calo, tanto para as estacas lignificadas quanto para as estacas tenras, conforme apresentado nas figuras 18 e 19.

Figura 18. Comparação das médias de sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo, para os dois tipos de estacas utilizadas (tenras e lignificadas), separadas de acordo com a posição (ponteiro, copa e base) de sua retirada das árvores de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)

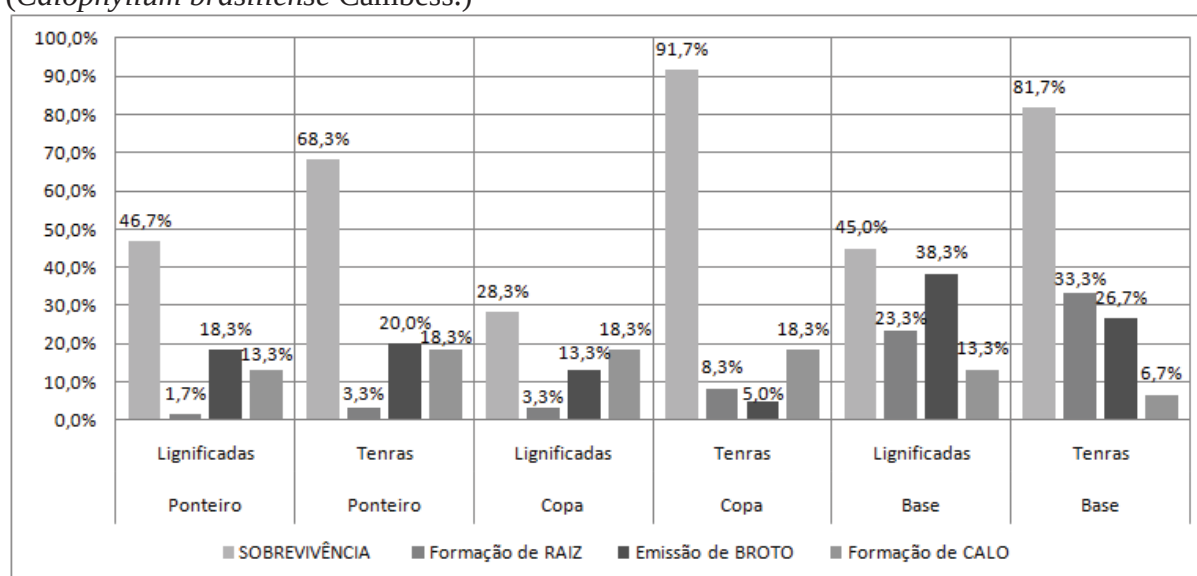
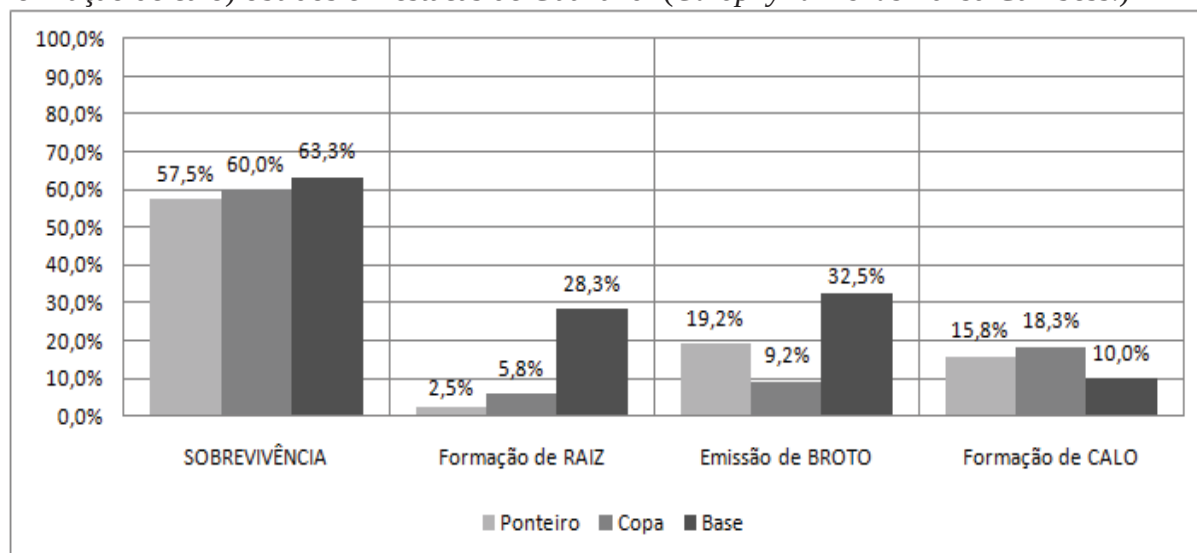


Figura 19. Comparação das médias gerais dos resultados obtidos das três posições das estacas retiradas das árvores (ponteiro, copa e base), independente do tipo de estaca (lignificada e tenra), para os 4 fatores analisados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) obtidos em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.)



Quando demonstrados separadamente os tratamentos, se observa que as estacas lignificadas apresentaram os melhores resultados na dose mais elevada de AIB (10.000 ppm). As estacas tenras alcançaram seus melhores resultados nas doses medianas (1.000 e 5.000 ppm), conforme observado nas figuras de 20, 21 e 22, e na tabela 3.

Figura 20. Resultados obtidos do primeiro teste de enraizamento de estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), apresentados em porcentagem, informando dose (ppm), tipo de estaca (lignificada ou tenra), procedência das estacas (ponteiro) e tratamento (1 a 10).

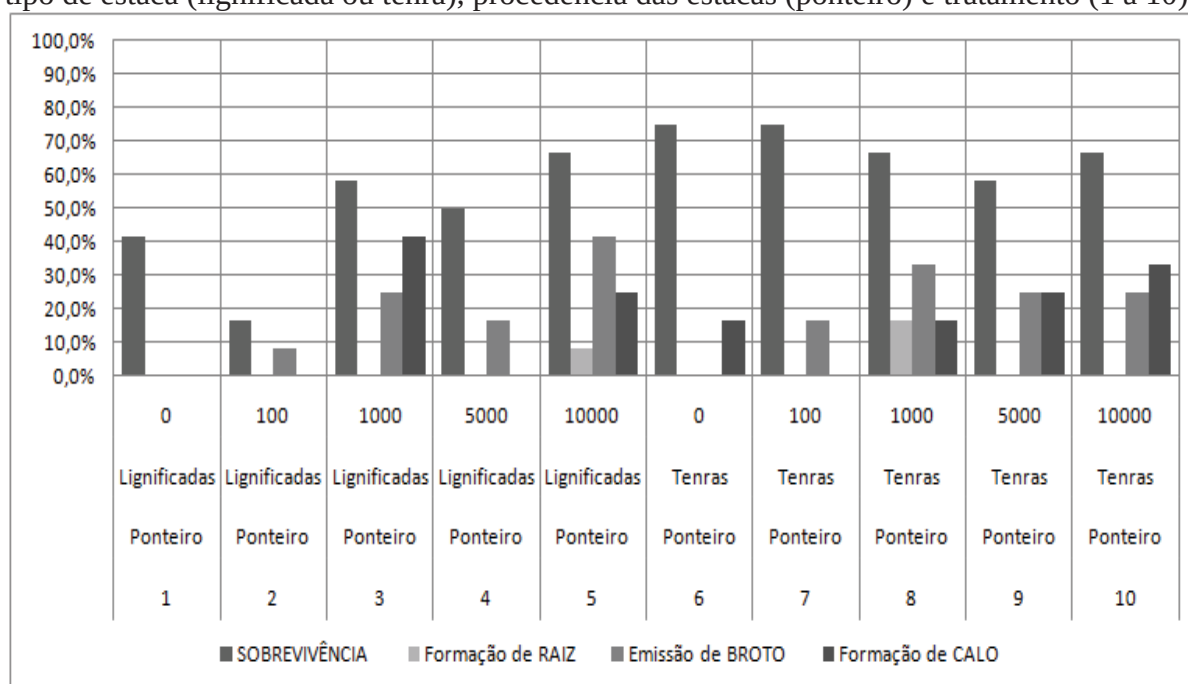
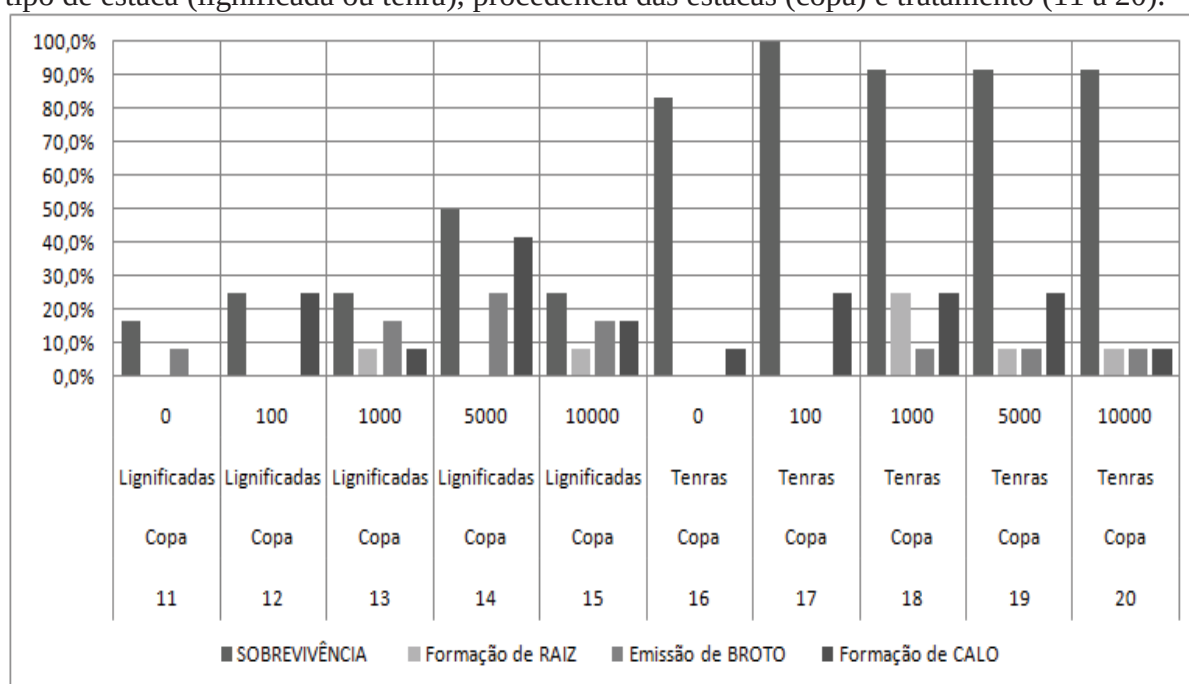
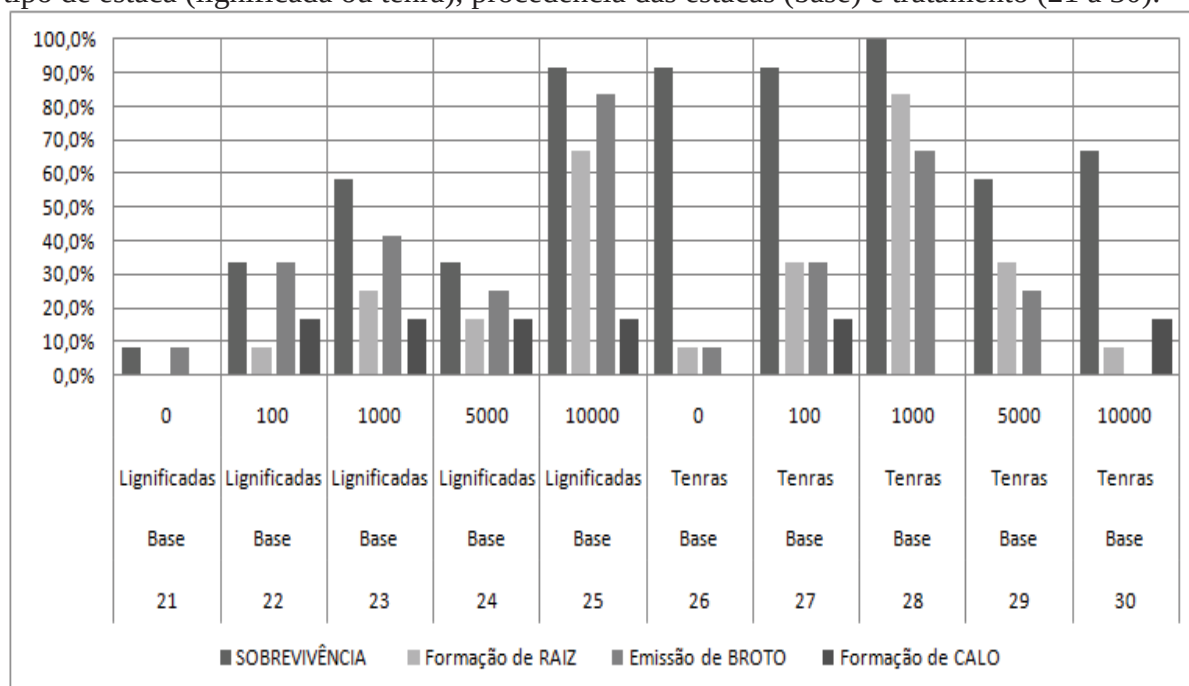


Figura 21. Resultados obtidos do primeiro teste de enraizamento de estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), apresentados em porcentagem, informando dose (ppm), tipo de estaca (lignificada ou tenra), procedência das estacas (copa) e tratamento (11 a 20).



Os tratamentos que obtiveram o melhor desempenho foram os de estacas provenientes da base das árvores, tanto para as tenras quanto para as lignificadas, nas doses de 1.000 e 10.000 ppm respectivamente, conforme observados na figura 18.

Figura 22. Resultados obtidos do primeiro teste de enraizamento de estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), apresentados em porcentagem, informando dose (ppm), tipo de estaca (lignificada ou tenra), procedência das estacas (base) e tratamento (21 a 30).



As estacas lignificadas apresentaram uma maior capacidade de brotação, provavelmente devido a terem uma maior quantidade de reserva, uma vez que apresentavam diâmetros maiores que as tenras. O teste apresentou uma boa emissão de brotos se comparados aos outros dois testes subsequentes, provavelmente por ter sido realizado na estação da primavera, uma época quente e de maior estímulo a brotação, o que pode ser observado na figura 23.



Figura 23. estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) apresentando brotações novas.



Figura 24. avaliação da presença de raízes nas estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Na figura 23, pode-se observar a alta incidência de emissão de brotos das estacas lignificadas, e na figura 24 o detalhe da formação de raiz das estacas observada em uma parcela. Neste primeiro experimento não foi possível observar raízes saindo pela base dos tubetes, somente realizando a retirada das estacas uma a uma do recipiente, onde também se observou visualmente nas estacas enraizadas um pequeno volume de raízes.

No geral, a baixa taxa de enraizamento obtida pode ser justificada por ter sido utilizado um material mais maduro proveniente do campo e não de jardim clonal, um material juvenil e mais domesticado. A alta incidência de fungos foi outro fator que prejudicou, e foi favorecido pelo longo período de casa de vegetação (120 dias), uma vez que as estacas demoraram a enraizar.

5.2. Resultados do segundo teste

O segundo teste teve como objetivos comprovar o melhor desempenho das estacas provenientes da base das árvores, uma vez que foram as que tiveram melhor resultado no primeiro teste, bem como de introduzir e testar estacas provenientes de mudas, um material mais juvenil e com maior probabilidade de enraizamento. Outro foco foi de reduzir o intervalo das doses utilizadas, inserindo duas novas doses de ácido indolbutírico

(AIB) nas concentrações de 3.000 e 7.000 ppm. Foi realizada uma avaliação no experimento, efetuada aos 120 dias, com a retirada das estacas dos tubetes uma a uma.

As estacas provenientes das mudas apresentaram resultados superiores que as provenientes das estacas provenientes das árvores, demonstrando e comprovando a maior capacidade de sobrevivência e formação de raiz do material juvenil, como se observa na tabela 5. Apesar de não ter sido avaliada através do scanner a quantidade e qualidade de raízes para os dois tipos de estacas, visualmente as estacas provenientes de mudas apresentaram uma maior quantidade e volume de raízes, bem como enraizaram mais rapidamente.

Tabela 5. Resultados obtidos apresentados em porcentagem para os tratamentos (1 a 14), os dois tipos de estacas (árvores e mudas) , as diferentes doses de AIB (0, 100, 1.000, 3.000, 5.000, 7.000 e 10.000 ppm) , nos itens analisados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) de estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Tratamento	Procedência	Dose AIB (ppm)	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Broto	Formação de Calo
1	Árvores	0	75,0%	35,0%	5,0%	0,0%
2	Árvores	100	75,0%	20,0%	30,0%	10,0%
3	Árvores	1000	60,0%	15,0%	15,0%	5,0%
4	Árvores	3000	75,0%	75,0%	0,0%	5,0%
5	Árvores	5000	55,0%	20,0%	10,0%	5,0%
6	Árvores	7000	65,0%	35,0%	5,0%	10,0%
7	Árvores	10000	75,0%	25,0%	30,0%	5,0%
R ²	Árvores	-	0,01	0,00	0,03	0,05
8	Mudas	0	85,0%	50,0%	20,0%	5,0%
9	Mudas	100	100,0%	20,0%	45,0%	10,0%
10	Mudas	1000	85,0%	15,0%	30,0%	10,0%
11	Mudas	3000	90,0%	90,0%	0,0%	15,0%
12	Mudas	5000	95,0%	85,0%	5,0%	10,0%
13	Mudas	7000	95,0%	90,0%	0,0%	0,0%
14	Mudas	10000	90,0%	70,0%	15,0%	20,0%
R ²	Mudas	-	0,02	0,42	0,33	0,09

Conforme observado na tabela 5, a inserção das duas novas doses de AIB (3.000 e 7.000 ppm) se mostrou positiva, pois apresentaram bons resultados e destacou a importância de se reduzir os intervalos de concentração das doses utilizadas no primeiro teste, uma vez que a dose de AIB na concentração de 3.000 ppm inserida foi a que apresentou o melhor desempenho, para os dois tipos de estacas.

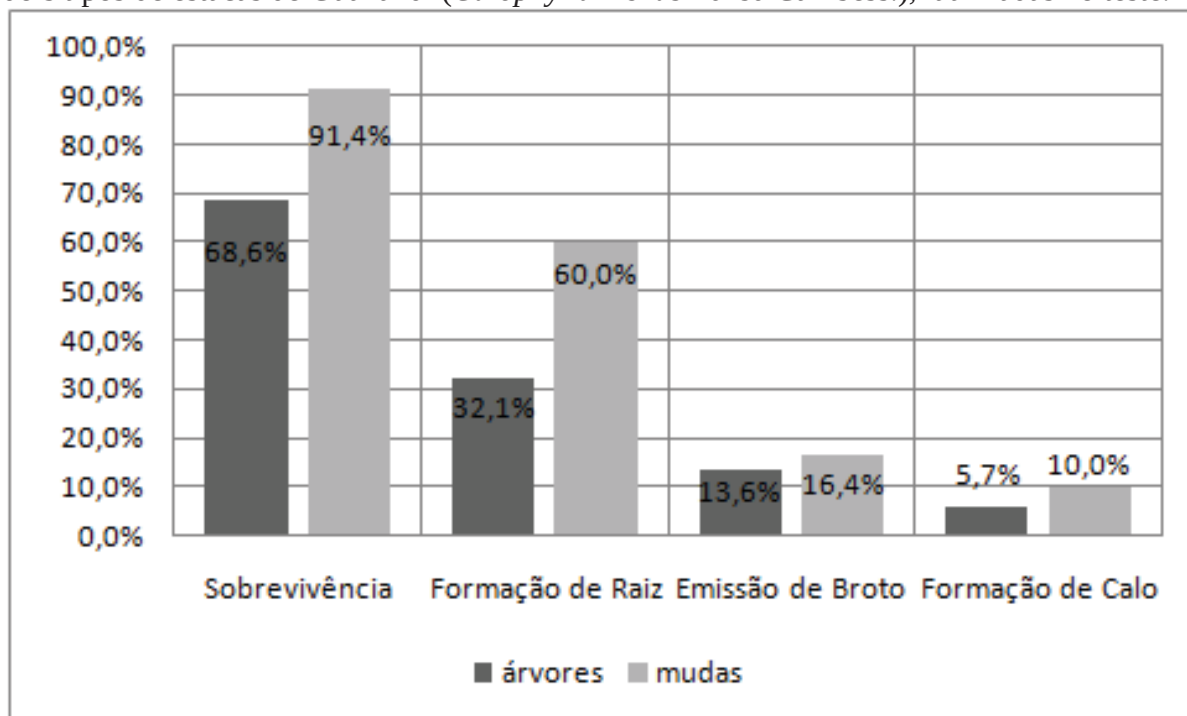
Tabela 6. Análise de variância dos caracteres avaliados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) obtidos em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Fonte de variação	Sobrevivência	Formação de Raiz	Formação de Calo	Emissão de Broto
	Valor de f (significância)			
Tratamento	0,0408	0,0000	0,0000	0,7043
Repetição	0,5712	0,9276	0,8048	0,9807
CV	23,90	37,38	80,29	160,10
1	3,75 a	1,75 bc	0,25 b	0,00 a
2	3,75 a	1,00 c	1,50 ab	0,50 a
3	3,25 a	0,75 c	0,75 ab	0,25 a
4	3,75 a	3,75 ab	0,00 b	0,25 a
5	2,75 a	1,00 c	0,50 b	0,25 a
6	3,75 a	1,75 bc	0,25 b	0,50 a
7	3,75 a	1,25 c	1,50 ab	0,25 a
8	4,25 a	2,50 abc	1,00 ab	0,25 a
9	5,00 a	1,00 c	2,25 a	0,50 a
10	4,25 a	0,75 c	1,50 ab	0,50 a
11	4,50 a	4,50 a	0,00 b	0,75 a
12	4,75 a	4,25 a	0,25 b	0,50 a
13	4,75 a	4,50 a	0,00 b	0,00 a
14	4,50 a	3,50 b	0,75 b	0,75 a

*CV: Coeficiente de Variação; teste de Tukey a 5% de probabilidade

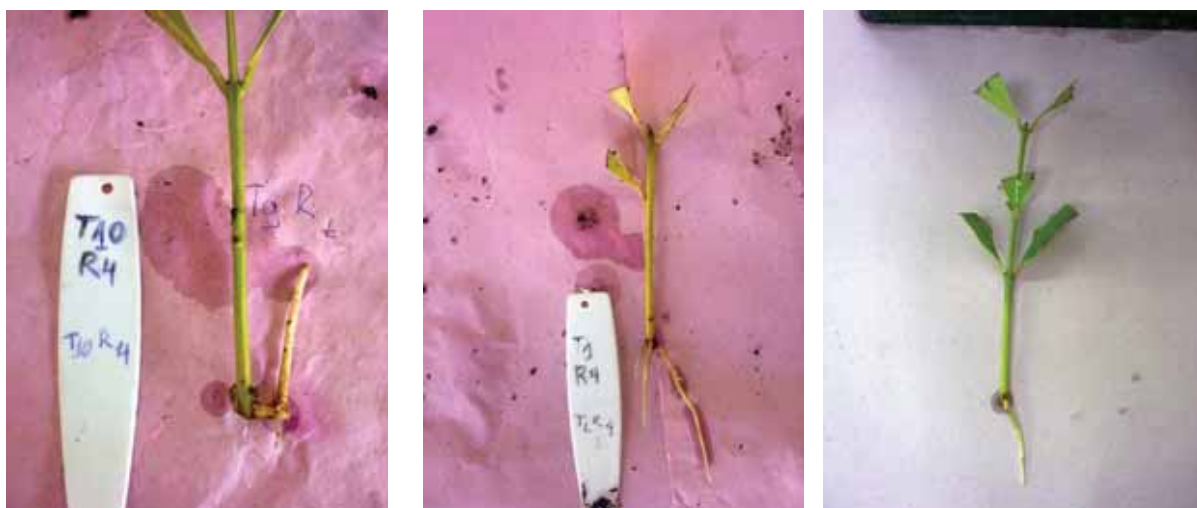
Os resultados da análise de variância apresentadas na tabela 6, não apresentou resultados significativos para sobrevivência e emissão de brotos, somente para formação de calo e raiz. Para a análise de variância, não foi necessário realizar o artifício de transformação para a equação $(X+0,5)^{1/2}$, para normalização dos dados.

Figura 25. Médias gerais de sobrevivência, enraizamento, brotação e formação de calo, dos dois tipos de estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), utilizadas no teste.



Também foi observado um maior ataque de fungos nas estacas proveniente de árvores, o que resultou em uma menor sobrevivência quando comparada as estacas de mudas, como podemos observar na figura 25. Não foi realizada nenhuma aplicação de fungicida ao longo de todo o período do experimento desde a sua implantação.

De modo geral o teste apresentou boas taxas de enraizamento, com estacas apresentando boa formação de raízes, como demonstrados nas figuras 26 e 27, em alguns casos como observado na figura 28, fatores como o excesso de umidade na casa de vegetação pode ter ocasionado e estimulado a má formação das raízes, apresentando crescimento no sentido contrário.



Figuras 26, 27 e 28. estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) apresentando crescimento de raiz no sentido contrário (excesso de umidade); boa formação de raiz; estaca testemunha apresentando formação de raiz; respectivamente.

Os melhores resultados para as estacas provenientes das árvores e de mudas foram para os tratamentos 4 e 11, respectivamente. Ocorreu também uma boa taxa de sobrevivência e enraizamento das testemunhas, demonstrando que a espécie apresenta bom potencial de propagação vegetativa natural. As figuras 29 e 30 assim como a tabela 5, demonstram os resultados obtidos em todos os tratamentos realizados.

Figura 29. Sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) provenientes de árvores (tratamentos de 1 a 7), apresentados em porcentagem.

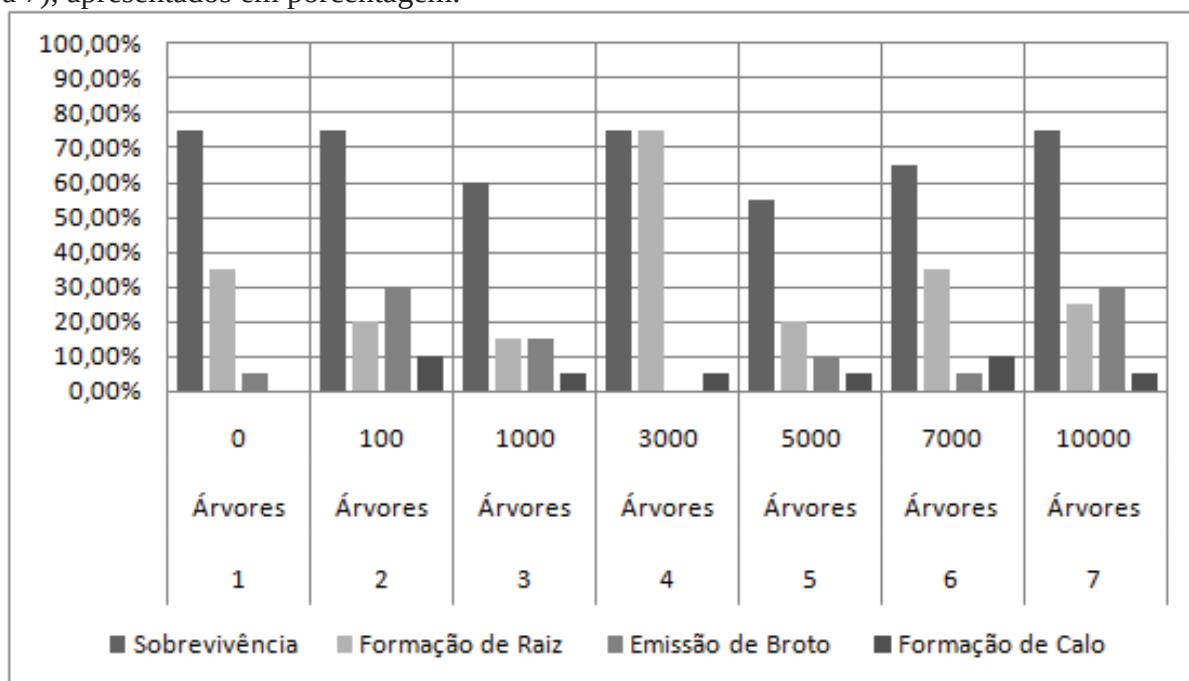
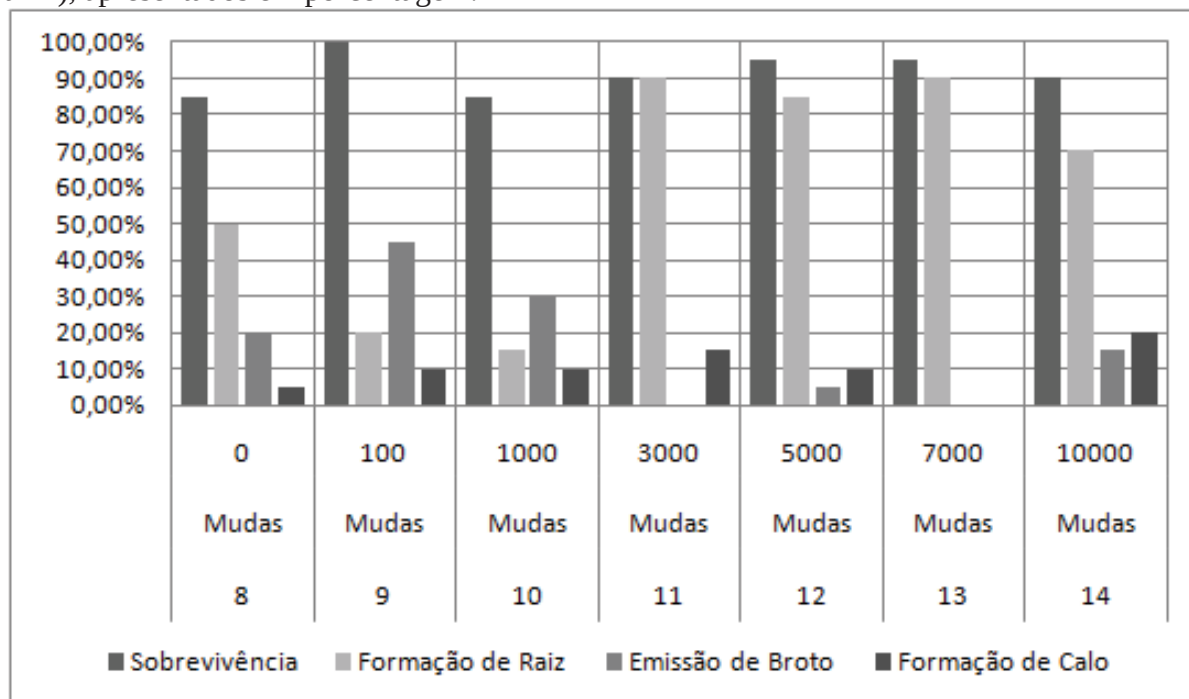


Figura 30. Sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) provenientes de árvores (tratamentos de 8 a 14), apresentados em porcentagem.



5.3. Resultados do terceiro teste

5.3.1. Teste clonal

No teste clonal as estacas foram coletadas da base das árvores e utilizada a dose padrão de 3.000 ppm de ácido indolbutírico (AIB) para todas as estacas e repetições, sendo avaliadas em uma observação aos três meses após sua instalação.

Neste teste não foram avaliadas as raízes no scanner, uma vez que a taxa de enraizamento foi abaixo do esperado, bem como as estacas contavam ainda com pouca quantidade de raízes. Foram avaliadas a sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e a formação de calo, sendo estas características avaliadas ao nível da média das parcelas e realizadas pelo software genético SELEGEN (Resende, 2007b).

O teste clonal obteve média de 67,9% de sobrevivência, sendo a principal causa de mortalidade a ocorrência de fungos, 24,4% de formação de raiz, ocorrendo

grande variação de enraizamento entre clones, 18,2% de emissão de brotos e 15,6% de formação de calo, conforme podemos observar na tabela 7.

Tabela 7. Resultados obtidos apresentados em porcentagem para os 22 tratamentos (clones), para os caracteres analisados (sobrevivência, formação de raiz, emissão de broto e formação de calo) obtidos em estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Tratamento (Clone)	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Brito	Formação de Calo
1	50,0%	50,0%	50,0%	0,0%
2	56,3%	25,0%	18,8%	18,8%
3	93,8%	25,0%	18,8%	31,3%
4	68,8%	0,0%	25,0%	31,3%
5	43,8%	6,3%	6,3%	25,0%
6	81,3%	31,3%	12,5%	12,5%
7	87,5%	56,3%	31,3%	18,8%
8	62,5%	25,0%	43,8%	31,3%
9	25,0%	6,3%	18,8%	6,3%
10	81,3%	43,8%	12,5%	6,3%
11	93,8%	37,5%	18,8%	25,0%
12	93,8%	25,0%	25,0%	25,0%
13	68,8%	18,8%	6,3%	6,3%
14	62,5%	0,0%	12,5%	6,3%
15	75,0%	18,8%	12,5%	12,5%
16	81,3%	18,8%	31,3%	12,5%
17	68,8%	50,0%	6,3%	0,0%
18	31,3%	12,5%	6,3%	12,5%
19	56,3%	50,0%	0,0%	0,0%
20	68,8%	6,3%	6,3%	37,5%
21	75,0%	6,3%	18,8%	18,8%
22	68,8%	25,0%	18,8%	6,3%

A análise de variância apresentada na tabela 8 não apresentou diferença significativa para sobrevivência, emissão de brotos e formação de calo, somente houve diferença significativa para formação de raiz. Para a análise de variância, não foi necessário realizar o artifício de transformação para a equação $(X+0,5)^{1/2}$, para normalização dos dados.

Tabela 8. Análise de variância para sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Fonte de Variação	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Broto	Formação de Calo
	Valor de f (significância)			
Tratamento	0,0276	0,0004	0,0901	0,6076
Repetição	0,3012	0,1456	0,6736	1,0000
CV	16,75	28,73	31,85	31,36
1	2,00 a	2,00 b	2,00 a	1,00 a
2	1,50 a	1,25 ab	1,25 a	1,25 a
3	2,00 a	1,25 ab	1,00 a	1,25 a
4	2,00 a	1,00 a	1,25 a	1,25 a
5	1,75 a	1,00 a	1,00 a	1,50 a
6	2,00 a	1,25 ab	1,25 a	1,00 a
7	2,00 a	2,00 b	1,25 a	1,00 a
8	2,00 a	1,25 ab	1,50 a	1,25 a
9	1,25 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
10	2,00 a	1,50 ab	1,25 a	1,00 a
11	2,00 a	1,50 ab	1,25 a	1,00 a
12	2,00 a	1,25 ab	1,25 a	1,25 a
13	2,00 a	1,00 a	1,00 a	1,25 a
14	1,75 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
15	2,00 a	1,25 ab	1,25 a	1,25 a
16	2,00 a	1,25 ab	1,50 a	1,00 a
17	2,00 a	1,75 ab	1,00 a	1,00 a
18	1,50 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
19	1,75 a	1,75 ab	1,00 a	1,00 a
20	1,75 a	1,00 a	1,00 a	1,50 a
21	2,00 a	1,00 a	1,25 a	1,25 a
22	1,75 a	1,25 ab	1,25 a	1,00 a

*CV: Coeficiente de Variação; teste de Tukey a 5% de probabilidade

Nas figuras 31 e 32, e na tabela 7, podem ser observadas as grandes diferenças de desempenho, das características analisadas, entre os 22 clones utilizados.

Figura 31. Resultados de sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo, representados em porcentagem, para os clones de 1 a 11, de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.),

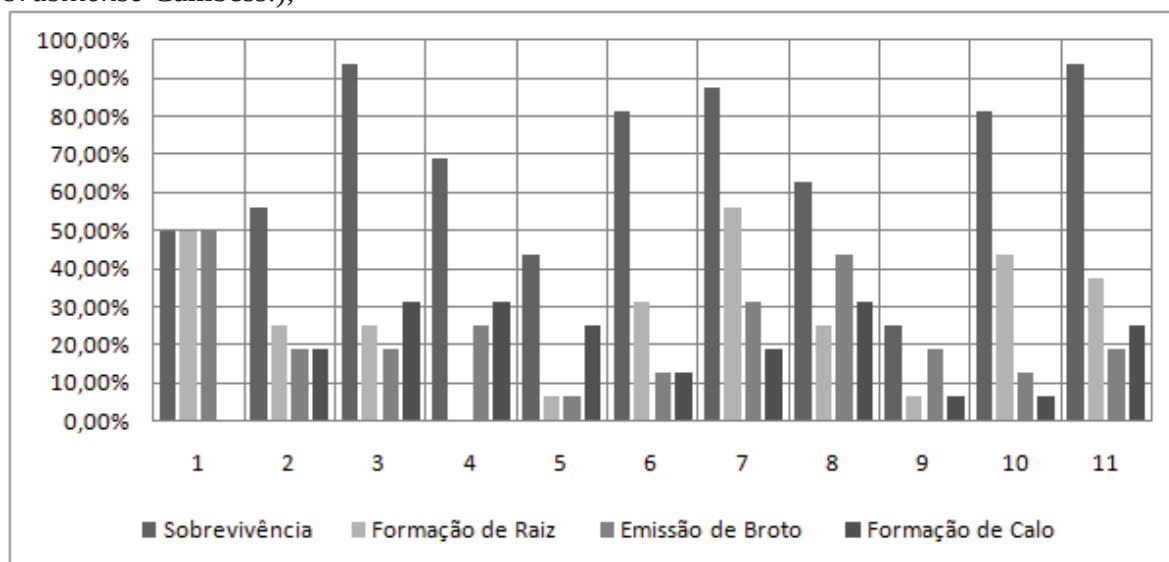


Figura 32. Resultados de sobrevivência, formação de raiz, emissão de brotos e formação de calo, representados em porcentagem, para os clones de 12 a 22, de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.),

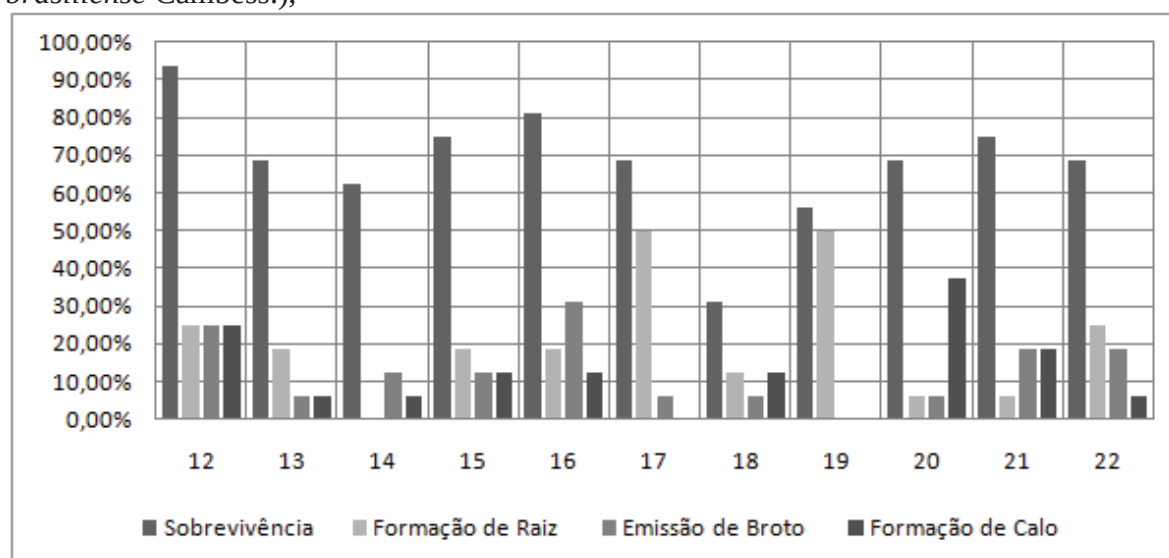


Tabela 9: Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido amplo (h^2g), da média do genótipo (h^2mc); de variação genética em nível de indivíduo ($CVgi$), de variação residual (CVe) e de variação relativa (CVr) e da acurácia (AC) para os caracteres descritos na tabela.

Caracteres analisados	Médias	h^2g	h^2mc	$CVgi$ (%)	CVe (%)	CVr (%)	AC
Sobrevivência	2,72	0,29	0,62	21,77	34,36	0,63	0,79
Formação de Raiz	0,98	0,18	0,47	48,90	102,90	0,47	0,69
Emissão de Broto	0,72	0,05	0,16	27,67	125,81	0,22	0,40
Formação de Calo	0,63	0,01	0,32	41,42	119,63	0,35	0,57

As herdabilidades individuais no sentido amplo dos caracteres analisados apresentaram valores baixos, assim como os valores de acurácia, se demonstrando altamente influenciados pelo fator ambiental, uma vez que as estacas sofreram alta incidência de fungos ao longo do período do experimento. O material utilizado por ser proveniente do campo se demonstrou mais suscetível ao ataque de fungos, merecendo maiores cuidados no preparo e adaptação das estacas.

O coeficiente de variação genética ao nível de indivíduo ($CVgi$) demonstrou que existe variabilidade genética do material utilizado, para os caracteres analisados, obtendo o maior valor (48,9%) para a de formação de raiz, foco principal do experimento.

5.3.2. Teste de progênies

No teste de enraizamento de progênies, foi observada uma alta taxa de sobrevivência, da ordem de 97,8%, com 100% de enraizamento das estacas sobreviventes, e uma taxa de 59,4% de brotação, com estes bons resultados obtidos de sobrevivência e enraizamento, foi possível realizar a análise mais detalhada da qualidade e quantidade de raízes formadas, realizada pelo scanner de raízes e pelo software WinRhizo. Na figura 33 e na tabela 10, pode ser notado que a sobrevivência e a formação de raiz foram superiores a 95% em todos os tratamentos.

Figura 33. Resultados de sobrevivência, formação de raiz e emissão de brotos, apresentado em porcentagem, das 9 progênies de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), utilizadas.

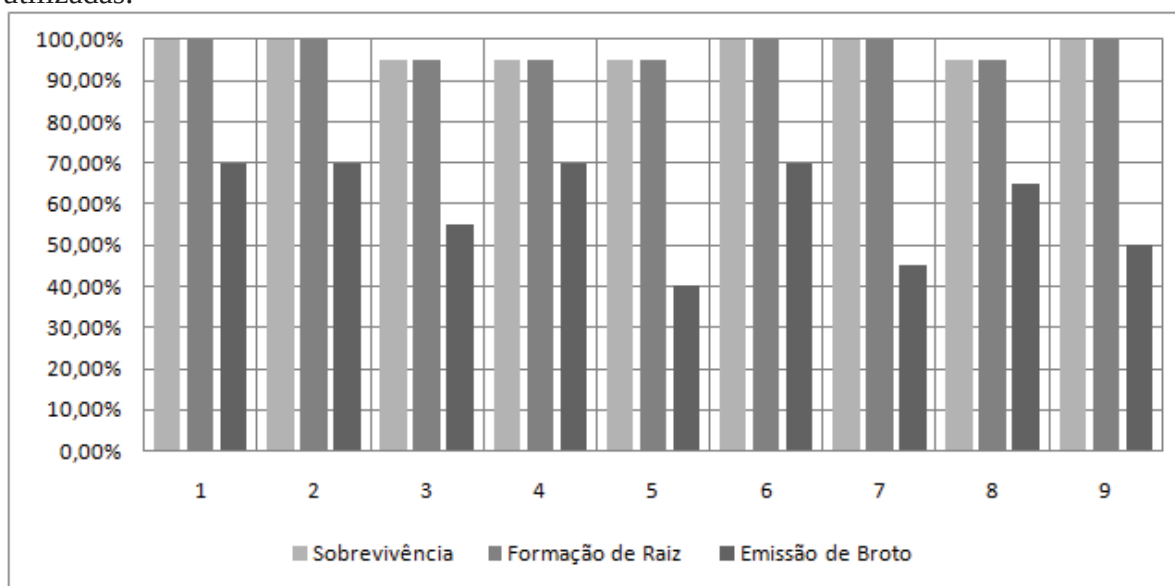


Tabela 10. Resultados de sobrevivência, formação de raiz e emissão de brotos, apresentado em porcentagem, das 9 progênie de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), utilizadas.

Tratamento (Progênie)	Sobrevivência	Formação de Raiz	Emissão de Broto
1	100%	100%	70%
2	100%	100%	70%
3	95%	95%	55%
4	95%	95%	70%
5	95%	95%	40%
6	100%	100%	70%
7	100%	100%	45%
8	95%	95%	65%
9	100%	100%	50%



Figura 34. estaca de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) enraizada recém retirada do tubete.



Figura 35. estaca de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) enraizada recém retirada do tubete e com as raízes lavadas.

Os caracteres que são analisados pelo software WinRhizo, responsável pela análise das imagens das raízes captadas pelo scanner são: comprimento total de raiz (cm), área superficial total (cm²), área superficial projetada (cm²), volume total (cm³) e diâmetro médio (cm). O peso seco foi obtido após as raízes ficarem em estufa por 72 horas e pesadas em balança de precisão. Os parâmetros genéticos dos caracteres ligados ao enraizamento de estacas são apresentados nas tabelas 11 e 12.



Figura 36. imagem digitalizada das raízes de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) obtida pelo scanner.



Figura 37. imagem da pesagem das raízes secas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) realizada em balança de precisão.

Dentre as informações obtidas pelo software, podemos considerar como principais e relevantes relacionados à qualidade de raízes, o volume total e o comprimento total das raízes, por serem características que influenciam diretamente na capacidade das estacas sobreviverem no campo. Quanto maior o volume de raízes, melhor preparada a muda está para sobreviver às adversidades do campo. Quanto maior o comprimento total de raízes, maior a quantidade de raízes adventícias e maior sua capacidade e eficiência de absorção de nutrientes, e conseqüentemente uma maior possibilidade de desenvolvimento no campo.

O peso seco está diretamente relacionado ao volume total de raízes, sendo uma característica considerada importante e relevante para a análise qualitativa das raízes das estacas analisadas.

Tabela 11. Estimativas dos coeficientes de herdabilidade: individual, no sentido restrito (h^2a), da média de progênies (h^2m) e aditiva dentro da parcela (h^2d); de variação genética em nível de indivíduo ($CVgi$), de variação entre progênies ($CVgp$), de variação residual (CVe) e de variação relativa (CVr) e da acurácia (AC) dos caracteres descritos na tabela, para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Caracteres analisados	Médias	h^2a	h^2m	h^2d	$CVgi$ (%)	$CVgp$ (%)	CVe (%)	CVr (%)	AC
Comprimento total raiz (cm)	474,32	0,14	0,34	0,12	11,44	5,72	15,79	0,36	0,59
Área superficial total (cm ²)	95,81	0,36	0,60	0,32	17,47	8,73	14,31	0,61	0,77
Área projetada total (cm ²)	30,49	0,36	0,60	0,32	17,49	8,75	14,30	0,61	0,77
Volume total (cm ³)	1,56	0,54	0,71	0,50	23,77	11,88	15,19	0,78	0,84
Diâmetro médio (cm)	0,07	0,06	0,24	0,05	17,26	8,63	30,89	0,28	0,49
Peso seco (g)	0,33	0,60	0,78	0,53	27,23	13,62	14,67	0,93	0,88
Sobrevivência	4,91	0,02	0,24	0,02	0,80	0,40	5,07	0,08	0,16
Formação de Raiz	4,91	0,02	0,24	0,02	0,80	0,40	5,07	0,08	0,16
Emissão de Broto	3,22	0,01	0,01	0,01	4,34	2,17	39,76	0,05	0,11

A herdabilidade de volume total e peso seco obtidas foram altas, sendo 0,60 e 0,53 respectivamente. No entanto, para comprimento total de raiz foi bem abaixo destes caracteres (0,14), mostrando alta influência ambiental.

Dentre os caracteres estudados, a sobrevivência, a formação de raízes, a emissão de brotos, o diâmetro médio e o comprimento de raízes apresentam os coeficientes de herdabilidades mais baixos. A área superficial total das raízes mostrou herdabilidades um pouco mais altas e os caracteres volume total de raiz e peso seco das raízes mostraram herdabilidades altas. Dentre todos, o caráter peso seco é interessante, pois além da facilidade em obtenção das medidas é menos influenciado pelo ambiente (herdabilidade alta) e apresentou maior variabilidade genética ($CVgi = 27,233$) e alta acurácia (0,880).

Tabela 12. Correlações genéticas (Ra) abaixo da diagonal, e fenotípicas (Rf) acima da diagonal, entre os caracteres analisados (comprimento total de raiz, área superficial total, área superficial projetada, volume total, diâmetro médio e peso seco) para estacas de Guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess.).

Caracteres analisados	Comprimento total de raiz	Área superficial total	Área superficial projetada	Volume total	Diâmetro médio	Peso seco
Comprimento total de raiz	-	0,94	0,94	0,76	0,01	0,67
Área superficial total	0,92	-	1,00	0,93	0,08	0,81
Área superficial projetada	0,92	1,00	-	0,93	0,08	0,81
Volume total	0,76	0,95	0,95	-	0,14	0,87
Diâmetro médio	0,26	0,53	0,53	0,70	-	1,00
Peso seco	0,49	0,75	0,75	0,88	0,80	-

Considerando o comprimento total de raiz, as melhores correlações genéticas foram para área superficial projetada (0,92) e para a área superficial total (0,92), e a de pior correlação foi para diâmetro médio (0,26). Para a correlação fenotípica deste mesmo caráter, os resultados foram muito semelhantes, apresentando as melhores correlações para área superficial total (0,94) e para a área superficial projetada (0,94), e a de pior correlação para diâmetro médio (0,01). Os genes responsáveis pelo comprimento total da raiz são muito diferentes daqueles responsáveis pelo diâmetro das mesmas.

Para o caráter de volume total, a melhor correlação genética foi para a área superficial total e projetada (0,95), e a pior para diâmetro médio (0,70). Para a correlação fenotípica deste mesmo caráter, a melhor correlação foi para área superficial projetada (0,93), e a pior para o diâmetro médio (0,14).

Para o peso seco, a melhor correlação genética foi para volume total (0,88), e a pior para comprimento total de raiz (0,49). Para a correlação fenotípica a melhor correlação para diâmetro médio (0,87), e a pior para o comprimento total de raiz (0,67).

Para os três caracteres definidos como mais importantes (comprimento total de raiz, volume total e peso seco), suas correlações genéticas foram melhores para a correlação entre o peso seco e o volume total (0,88), a qual também foi melhor para a correlação fenotípica (0,87).

O peso seco apresentou resultados bons quanto às correlações com o volume total (0,88), bem como apresentou também alta herdabilidade (0,60), indicando ser um caráter que representa bem a qualidade e quantidade de raízes, sendo uma informação de fácil coleta e análise, podendo substituir a análise do scanner de raízes muito mais complexo e trabalhoso. Também foi o caráter que apresentou os melhores índices de acurácia (0,88) e de variação relativa (0,93).

6. CONCLUSÕES

A espécie se mostrou viável a propagação vegetativa através da técnica da estaquia, podendo ser amplamente utilizada na produção maciça de material melhorado, sendo as estacas tenras provenientes da base das árvores as que apresentam os melhores resultados para os materiais maduros, sendo que as melhores doses de ácido indolbutírico (AIB) estão dentro do intervalo de 1000 a 5000 ppm. O enraizamento de material juvenil apresentou um melhor desempenho, com bom potencial para o estabelecimento de jardim clonal.

Existe variabilidade genética para os caracteres estudados relacionados ao enraizamento de estacas da espécie, podendo ser explorada em programas de melhoramento genético.

As estimativas de herdabilidades para os caracteres volume total e peso seco de raízes foram altos evidenciando bom controle genético e condições favoráveis para seleção de genótipos superiores.

A correlação genética entre volume de raiz e peso seco de raiz foi alta (0,88) podendo-se, desta forma, selecionar famílias superiores mais facilmente por meio de peso seco, caráter de mais fácil mensuração.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, J. C.; FERNANDES, N. P.; LOUREIRO, A. A. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 2. Jacareúba (*Calophyllum angulare* A. C. Smith). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 11, p. 357-370, 1981.

ASSIS, T. F. Uso das microestaquias na clonagem de Eucalyptus em escala comercial. **Floresta & Derivados**, Belo Horizonte, v. 19, p. 4-5, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2008 indústria de madeira processada mecanicamente**. Curitiba, 2008. 56 p.

BHATT, B. P.; TODARIA, N. P. Vegetative propagation of tree species of social forestry value in Garhwal Himalaya. **Journal of Tropical Forest Science**, Uttar Pradesh, v. 2, n. 3, p. 195-210, 1990.

BLAKE, T. J., Coppice systems for short - rotation intensive forestry: the influence of cultural seasonal e plant factors. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 13, n. 3/4, p. 279-291, 1983.

BORGES, R. C. G. **Propagação vegetativa de plantas**. Viçosa: UFV, 1978. 14 p. Notas de aula.

BUTTERFIELD, R. Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. **Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress**, Montreal, v. 2, p. 3-14, 1990.

BUTTERFIELD, R.; FISHER, R. Untapped potential: native species for reforestation. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 92, n. 6, p. 37-40, 1994.

BUTTERFIELD, R; ESPINOZA, M. Screening trial of 14 tropical hardwoods with an emphasis on species native to Costa Rica: fourth year results. **New Forests**, Heidelberg, v. 9, p. 135-145, 1995.

CAMPINHOS JUNIOR, E.; IKEMORI, Y. K. Cloning Eucalyptus species. In: FIGUEROA COLON, J. (Ed.). **Management of the forests of tropical America**: prospects and technologies. Rio Piedras: Institute of Tropical Forestry, 1987. p. 291-296.

CANDIDO, J. F. et al. **Cultura de espécies florestais II (Anadenanthera peregrina Speg. Myroxylon balsamum (L.) Harm e M. peruiferum L. F.; Melanoxylon braunea Schott; Hymenaea stilbocarpa Hayne e Cariniana estrellensis (Raddi) O. Kuntze**. Viçosa: SIF, 1993. 144 p. (Boletim técnico SIF).

CARPANEZZI, A. A. Benefícios indiretos da floresta. In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília, DF: Embrapa Floresta, 2000. cap. 2, p. 19-55.

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

CARVALHO, P. E. R. Resultados experimentais de espécies madeireiras nativas do estado do Paraná. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 16A, n. 2, p. 747-765, 1982.

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics**, Raleigh, v. 4, p. 254-256, 1948.

COOPER, M. A.; GRAÇA, M. E. C. Perspectivas para a maximização de enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis* Maid. Curitiba: Embrapa CNPF, 1987. 9 p. (Circular técnica, 12).

DUNN, D. E.; COLE, J. C.; SMITH, M. W. Position of cut, bud retention and auxins influence rooting of *Pistacia chinensis*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 67, n. 1/2, p. 105-110, Nov. 1996.

DUTRA, L. F.; TONIETTO, A.; KERSTEN, E. Efeito da aplicação de ethefon em ameixeira (*Prunus salicina* Lindl) e do IBA no enraizamento de suas estacas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 296-304, maio/ago. 1998.

ELDRIDGE, K.G. et al. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994. 288 p.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. New York: Ronald Press, 1964. 365 p.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. 1499 p.

FERREIRA, C. A.; GALVÃO, A. P. M. Importância da atividade florestal no Brasil: In: GALVÃO, A. P. M. (Ed.). **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília, DF: Embrapa Floresta, 2000. v. 1, p. 15-18.

FERREIRA, D. F. **Software de análise estatística Sisvar**. versão 4. 2. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. 1 CD-ROM.

FONSECA FILHO, C. A. Reflorestamento com finalidade exclusiva de produção rápida de lenha para combustível e carvão vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 7, n. 42, p. 429-437, 1948.

GARRIDO, M. A. O.; SOUZA, A. C. Manejo científico de povoamentos florestais de espécies indígenas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 60-63.

GENTRY, A. H. **A field guide to the families and genera of wood plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru), with supplementary notes on herbaceous taxa.** Chicago: University of Chicago Press, 1996. 895 p.

GONZÁLEZ, E. ; FISHER, R. Growth of native species planted on abandoned pasture land in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 70, p. 159-167, 1994.

GONZÁLEZ, E. et al. **Primer encuentro regional sobre especies forestales nativas de la Zona Norte y Atlántica.** Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1990. 46 p.

GUARIGUATA, M. R.; RHEINGANS, R.; MONTAGNINI, F. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: Implications for forest restoration. **Restoration Ecology**, New Jersey, v. 3, p. 252-260, 1995.

HAGGAR, J. P.; BRISCOE, C. B.; BUTTERFIELD, R. P. Native species: a resource for the diversification of forestry production in the lowland humid tropics. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 106, p. 195-203, 1998.

HARRINGTON, C. A. Forests planted for ecosystem restoration or conservation. **New Forests**, Heidelberg, v. 17, p. 175-190, 1999.

HARTNEY, V. J. Vegetative propagation of the Eucalyptus. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 10, n. 3, p. 191-211, 1980.

HOFFMANN, A. et al. **Fruticultura comercial:** propagação de plantas frutíferas. Lavras: Ufla, Faepe, 1996. 319 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**, Cambridge, v. 109, p. 187-195, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Madeira**: uso sustentável na construção civil. São Paulo, 2003. 60 p.

IRATINI, C.; SOARES, R. V. Indução do enraizamento de estacas de *Araucaria angustifolia* através da aplicação de reguladores de crescimento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 313-317.

JANKOWSKY, I. P. **Madeiras brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. v. 1, 172 p.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 p. (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo Piracicaba, 1980.

KEENAN, R. J. et al. Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. **Journal of Sustainable Forestry**, London, v. 9, n. ½, p. 117-134, 1999.

KNOWLES, O. H.; PARROTTA, J. A. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phenological data and field performance indices. **Commonwealth Forestry Review**, Abingdon, v. 74, n. 3, p. 230-243, 1995.

LAMB, D. Large scale ecological restoration of degraded tropical forest lands: the potential role of timber plantations. **Restoration Ecology**, New Jersey, v. 6, n. 3, p. 271-279, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1998. 132 p.

MACRAE, S.; COTTERILL, P. P. Macropropagation and micropropagation of *Eucalyptus globulus*: means of capturing genetic gain. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 4., 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. p. 102-110.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas: perspectivas biológicas operacionais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

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

MCCOMB, J. A.; WROTH, M. Vegetative propagation of *Eucalyptus resinifera* and *E. maculata* using coppice cuttings and micropropagation. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 16, n. 3, p. 231-242, 1986

MOHIT, G. et al. Low cost vegetative propagation structures. **Journal of Tropical Forestry**, Selangor Darul Ehsan, v. 12, n. 4, p. 216-219, 1996.

MONTAGNINI, F. et al. Mixed and pure forest plantations in the humid neotropics: a comparison of early growth, pest damage and establishment costs. **Commonwealth Forestry Review**, Abingdonv, v. 74, n. 4, p. 306-314, 1995.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **Eucalypt cultivation in Brazil.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112p.

MORAES, M. L. T. **Variação genética e aplicação da análise multivariada em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret e Golfari.** 2001. 124 p. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

NICHOLS, D. *Terminalia amazonia* (Gmel.) Exell.: development of native species for reforestation and agroforestry. **Commonwealth Forestry Review**, Abingdonv, v. 73, n. 1, p. 9-13, 1994.

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

ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares.** Botucatu: Unesp; Funep, 1996. 83 p.

PARROTTA, J. A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 99, p. 1-7, 1997.

PIMENTEL-GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 430 p.

PIOTTO, D. et al. Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 177, n. 1-3, p. 427-439, 2003a.

PIOTTO, D. et al. Performance of forest plantations in small and medium-sized farms in the Atlantic lowlands of Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Cambridge, v. 175, n. 1-3, p. 195-204, 2003b.

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

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Madeiras do Brasil**: Santa Catarina. Florianópolis: Lunardelli, 1979. 320 p.

RESENDE, M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101 p. (Documentos, 47).

RESENDE, M. D. V. Avanços da biométrica florestal. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997a. p. 20-46.

RESENDE, M. D. V. de et al. **Programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa**: resultados da avaliação genética de populações, progênies, indivíduos e clones. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 66 p. (Circular técnica, 43).

RESENDE, M. D. V. et al. **Seleção genética computadorizada**: manual do usuário. Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1994b. 31 p.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002a. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561 p.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento genético de essências florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1997, Lavras. **Anais....** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997b. p. 59-93.

RESENDE, M. D. V. **Selegen-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.

RESENDE, M. D. V. **Software SELEGEN-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002b. 67 p. (Documentos, 77).

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R.; LAVORANTI, O. J. Regressão geno-fenotípica multivariada e maximização do progresso genético em programas de melhoramento de Eucalyptus. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 57-71, 1994a.

RESENDE, M. D. V.; ROSA-PEREZ, J. R. H. Melhoramento animal: predição de valores genéticos pelo modelo animal (BLUP) em bovinos de leite, bovinos de corte, ovinos e suínos. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 17-30, 1999.

ROBINSON, H. F. et al. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implications in selection. **Agronomy journal**, Madison, v. 43, p. 282-287, 1951.

ROBINSON, H. F.; COCKERHAM, C. C. Estimación y significado de los parámetros genéticos. **Fitotecnia Latinoamericana**, Caracas, v. 2, p. 23-28, 1965.

RUSSO, R. O.; SANDÍ, C. L. Early growth of eight native timber species in the humid tropic region of Costa Rica. **Journal of Sustainable Forestry**, London, v. 3, n. 1, p. 81-84, 1995.

SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. 2002. 75 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

SQUILLACE, A.E. et alii. Heritability of juvenile growth rate and expected gain from selection in western pine. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 16, n. 1, p. 1-6, Jan./Feb. 1967.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics a biometrical approach**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book, 1980. 633 p.

STEVENS, P. F. A revision of the old world species of *Calophyllum* (Guttiferae). **Journal of the Arnold Arboretum**, Cambridge, v. 61, p. 117-699, 1980.

TONIETTO, A.; DUTRA, L. F.; KERSTEN, E. Influência do ácido indolbutírico e ethephon no enraizamento de estacas de pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 567-569, out./nov. 1997.

TZFIRA, T. et. al. Forest-tree biotechnology: genetic transformation and its application to future forests. **Trends in Biotechnology**, Cambridge, v. 16, p. 439-446, 1998.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W. E. (Ed.). **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p. 17-37.

VENCOVSKY, R.. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. p. 122-99.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VIEIRA, A. N. Aspectos silviculturais do "pau-rosa" (*Aniba duckei* Kostermans). II Estudos sobre os métodos de propagação. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 2, n. 1, p. 51-58, 1972.

WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. 1999. 70 p. (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

ZOBEL, B. J. Inheritance of wood properties in conifers. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 10, p. 65-70, May/June 1961.