



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CARÁTER LIGNOTÚBER
SOBRE CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS EM TESTES DE
PROGÊNIES DE *Eucalyptus spp.***

LIDIA CAROLINA MEIRA ARNEIRO

BOTUCATU

2015

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CARÁTER LIGNOTÚBER
SOBRE CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS EM TESTES DE
PROGÊNIES DE *Eucalyptus spp.***

LIDIA CAROLINA MEIRA ARNEIRO

Orientador: Prof. Dr. Celso Luis Marino

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Ciências Biológicas/Genética

BOTUCATU

2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais João Marcos Arneiro e Maria de Fátima Meira de Vasconcelos Arneiro, incentivo e amor incondicional. Ao meu querido irmão Rafael Meira Arneiro, por toda amizade e companheirismo e que, mesmo distante sempre me dá força e exemplo para que eu continue no caminho certo. À minha amada avó Geralda Lopes, por todo amor e carinho.

OFEREÇO

Ao meu querido e amado esposo João Paulo Furlan de Jesus que acima de tudo e todos sempre esteve e estará ao meu lado, apoiando e incentivando, compartilhando momentos únicos. Agradeço pela força, coragem e zelo que tem por mim.
Com você eu descobri o sentido da vida.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde e perfeita capacidade mental para realizar este trabalho.

Ao meu querido orientador Prof. Celso Luis Marino, por me ensinar inúmeras vezes a sutil diferença entre ser professor e orientador. Por me transmitir de maneira tão humilde todos os seus conhecimentos, pela confiança e zelo. Pela oportunidade de crescimento e acima de tudo, pela amizade.

Ao Programa de Pós Graduação Ciências Biológicas/ Genética da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, pela oportunidade da realização do curso de Doutorado.

Ao professor Evandro Vagner Tambarussi pelos ensinamentos transmitidos, pela Capacidade de ensino e competência, pelos conselhos e estímulo na profissão e principalmente pela amizade.

A empresa Suzano Papel e Celulose, nas pessoas de Sr. Shinitiro Oda, Izabel Gava e Dileto Tambaú por todo apoio técnico, e pelos anos de convivência e amizade

A secretaria de pós graduação, nas pessoas de Herivaldo Mota, Davi Muller e Luciane por sempre atender meus pedidos com agilidade e eficácia.

Aos meus companheiros de laboratório: Karine, Marcela, Leonardo, Vanusa, Bruno, Cecília e Hernando, muito mais do que colegas de trabalho, amigos para uma vida inteira.

Aos meus sogros Sr. Julio e Sra. Rose por todo carinho e amizade, por me aceitarem como filha de verdade.

Aos meus amigos Paula Garcia e Willian Oliveira, “eu ficaria sem todos meus amores, mas morreria se ficasse sem meus amigos”. Obrigada! Amo vocês.

A todos profissionais e amigos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

A CAPES pela bolsa de doutorado concedida.

MUITO OBRIGADA!

“Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem “Por quê?”. Eu sonho com as coisas que nunca foram feitas e então digo: Por que não?”

(Geroge Bernard Shaw)

CONTEÚDO

RESUMO	8
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 Origem e situação atual do Eucalipto no Brasil.....	14
3.2 O <i>Eucalyptus grandis</i> Hill ex Maiden	17
3.3 O <i>Eucalyptus urophylla</i>	19
3.4 O Híbrido <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> (Urograndis).....	22
3.5 O Lignotúber	24
4. MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS.....	31
4.1. Parâmetros genéticos	36
4.2 Heterose e epistasia em espécies florestais.....	38
5. MATERIAL E MÉTODOS	40
5.1 Material Vegetal.....	40
5.2 Delineamento Experimental.....	41
5.2.3. Preparação e Plantio das Mudas	42
5.2.4 Parâmetros Silviculturais Avaliados.....	43
5.2.5 Presença de Lignotúber	43
5.3 Metodologia Estatística	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
8. CONCLUSÕES.....	59
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

RESUMO

O Brasil destaca-se dentro do setor florestal quanto ao desenvolvimento e produção de espécies de interesse econômico. Em parceria com empresas do ramo florestal, a Universidade Estadual Paulista (UNESP – Campus de Botucatu) vem desenvolvendo projetos de identificação de características relacionadas ao estresse abiótico em eucalipto. A presença de lignotúber é um caráter que confere a essas espécies maior tolerância a níveis de estresse. Os objetivos deste estudo foram: compreender a relação do lignotúber com o estresse e as características silviculturais por meio das estimativas de correlações fenotípicas e parâmetros genéticos. Os experimentos foram conduzidos com duas espécies de eucaliptos e seus híbridos, em dois ambientes contrastantes quanto aos aspectos edafoclimáticos. Avaliaram-se dois caracteres de crescimento: altura (ALT) e circunferência à altura do peito (CAP) e a presença de lignotúber. De posse dos parâmetros genéticos estimados, não foi detectada manifestação de heterose e epistasia nos materiais em questão. As análises conjuntas dos experimentos indicaram significância para os tratamentos, quanto a presença de lignotubérculo. Deste modo, a correlação fenotípica foi significativa, indicando que na presença de estresse biótico/abiótico existe a associação entre as características silviculturais e a presença de lignotúber. As plantas que apresentaram esta estrutura possuem menor crescimento vegetativo. Estes resultados evidenciam que o lignotúber é uma estrutura de grande importância nas plantas e fator determinante na escolha de genótipos para regiões onde o estresse é alto.

Palavras-chave: correlação fenotípica, altura, CAP.

ABSTRACT

Evaluation of the lignotuber character influence on silvicultural traits in tests of *Eucalyptus spp.* progenies.

Brazil stands out in the forest sector by the development and production of species with economic interests. In partnership with forestry companies, the University of Sao Paulo State (UNESP- Botucatu) has been developing studies to identifying traits related to abiotic stress in Eucalyptus. The presence of lignotuber is a character that gives to these species tolerance to different levels of stress. Our aim was to understand the relationship of lignotuber with stress and silvicultural characteristics by estimating the genetic parameters and phenotypic correlations. Experiments were conducted with two eucalyptus species and their hybrids in two contrasting environments as the edaphoclimatic aspects. We evaluated two characters of growth: height (ALT), circumference at breast height (CAP) and presence of lignotuber. The estimation of the genetic parameters did not detect heterosis and epistasis in these materials. Joint analysis of the experiments indicated significance for the treatments, as for the presence of lignotubercle. Thus, the phenotypic correlation was significant, indicating that in the presence of biotic/abiotic stress, exist association between silvicultural traits and the presence of lignotuber. Plants with this structure showed less vegetative growth. These results show that the lignotuber is an important structure in plants and an important factor to be considered in choosing genotypes for regions where stress is high.

Keywords: phenotypic correlation, height, CAP.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Introduzido comercialmente no país no início do século XX, o eucalipto adaptou-se bem às condições climáticas do Brasil, sendo sua cultura, de grande importância econômica, ambiental e social. Este gênero florestal destina-se à produção de celulose, papel, carvão, tábuas, chapas aglomeradas entre outros, sendo o mais propagado no mundo (SCARPINELLA, 2002).

Segundo Aguiar (2010), a importância do gênero para a sociedade não está limitada apenas a termos econômicos e sociais. Sua participação no mercado florestal é de grande importância para a substituição de madeiras nativas e conservação dos remanescentes florestais.

Dos produtos obtidos nas diversas áreas onde o eucalipto é plantado, cerca de 70% é destinado ao segmento de papel e celulose, 21% para a siderurgia e carvão vegetal, 6% para o segmento de painéis de madeira e produtos de madeira sólida e 3% para outros setores. Devido à grande demanda de produtos florestais (o papel, por exemplo, teve um aumento no consumo de 10,2% em 2008), tem sido observado um aumento no número e montante de investimentos neste setor, indicando que a silvicultura brasileira caminha para um novo patamar de crescimento.

Nos últimos 40 anos, as florestas plantadas se concentraram nas regiões Sul e Sudeste do país, no entanto, estas têm se expandido para outras regiões, como o Nordeste, Norte e o Centro-Oeste, impulsionadas pelas empresas e por incentivos governamentais de desenvolvimento florestal (Programa de Desenvolvimento Florestal do Vale do Parnaíba e Governos do Estado do Piauí e Maranhão), regiões onde os biomas predominantes possuem longos períodos de seca e os solos geralmente apresentam escassez de nutrientes.

Devido à falta de genótipos adaptados utilizados nos plantios em áreas consideradas novas fronteiras florestais, onde a escassez de água e nutriente é acentuada, a produtividade obtida tem sido reduzida (REIS & PALUDZYSZYN FILHO, 2011).

Desta forma, existe a necessidade de identificar características adaptativas que aumentem as chances de sobrevivência das plantas nessas condições e introduzi-las nos programas de melhoramento florestal. Dentre estas características podemos destacar a tolerância a períodos prolongados de secas, capacidade de armazenamento de nutrientes, e a sobrevivência e produtividade. Assim, o setor florestal está cada vez mais empenhado em delinear programas de melhoramento genético eficientes para a obtenção de genótipos superiores.

O eucalipto possui uma série de atributos que fizeram deste gênero a planta exótica mais plantada no Brasil, isso inclui a capacidade de adaptação às condições ambientais e rápido crescimento. Todavia, seu ciclo produtivo constitui-se um dos principais fatores que limitam o avanço nos programas de melhoramento. A redução no tempo para obtenção de novas gerações deve ser focada nos programas de seleção, com o objetivo de aumentar a eficiência no processo de seleção (BORRALHO *et al.*, 1992). Várias são as alternativas para atingir a redução do tempo na seleção de materiais superiores, dentre elas estão as estimativas de correlações genéticas nas diferentes idades (KAGEYAMA & VENCOVSKY, 1983; LAMBETH, 1980; MAGNUSSEN, 1988).

Adequadas no planejamento dos programas de melhoramento, as estimativas dos parâmetros genéticos (como o coeficiente de variação genética, a herdabilidade e as correlações genéticas), auxiliam nos procedimentos de seleção de indivíduos superiores

com características importantes. (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992; ZIMBACK *et al.*, 2011; ZOBEL & TALBERT, 1984).

A respeito do *Eucalyptus*, este gênero de plantas possui um caráter comum a quase todas as espécies (95%), que é a presença de lignotúber, que são protuberâncias de madeira encontradas nas axilas dos cotilédones ou primeiro par de folhas, nos primeiros estágios do desenvolvimento. Com a idade, estas protuberâncias se fundem e crescem, constituindo uma massa encaroçada. (WHITTOCK *et al.*, 2003). A origem desta estrutura é controversa, mas acredita-se que sua fixação na espécie possa estar relacionada a seleção natural causada pelo fogo das queimadas que ocorrem na Austrália.

Empresas do setor florestal buscam selecionar indivíduos com alto poder de rebrota para facilitar a produção vegetativa de mudas (ASSIS *et al.*, 1997). O lignotúber proporciona a planta esta capacidade regenerativa, tornando-se de grande importância a introdução de indivíduos portadores deste caráter dentro dos programas de melhoramento genético florestal, principalmente quando se trata de áreas onde a expansão da eucaliptocultura apresenta alto índice de estresse abiótico.

O Centro de Análises Genômicas (CAGEN) do Instituto de Biociências da UNESP de Botucatu - SP, em parceria com a empresa Suzano Papel e Celulose, vêm desenvolvendo projetos que objetivam a busca e introdução de características de interesse silviculturais em culturas de eucalipto, dando ênfase à resposta da planta a situações de estresses bióticos e abióticos.

A identificação e estudo de características monogênicas relacionadas a doenças, mecanismos de tolerância ao estresse e anomalias de plantas é importante para os programas de melhoramento florestal, tendo em vista as perdas causadas por esses genes em plantios operacionais. Tambarussi (2006) estudou uma anomalia, em

Eucalyptus grandis, dentre os indivíduos da progênie “ F_1 ” de um cruzamento controlado entre genitores normais e sem parentesco em viveiro de mudas para plantios comerciais da Suzano Bahia Sul Papel e Celulose SA. Essa anormalidade causa o superbrotamento caulinar, a redução da altura da planta, a redução drástica da área foliar e a alteração na forma do limbo da folha. A proporção entre plantas afetadas e normais foi de 3:1 assim como nos ensaios realizados por Martins (2006) ao avaliar a segregação do caráter lignotúber em uma população F_2 de híbridos urograndis. Neste trabalho, as plantas F_2 foram submetidas a condições de estresse hídrico e nutricional, o que ocasionou um aumento no número de plantas com lignotúber. A proporção destas plantas após o estresse foi de 3:1 (qui quadrado=2,42; p -valor > 0,1). Ambas características, anomalia e lignotúber, indicam tratar-se de ação de um gene de efeito principal.

A morfologia e os aspectos silviculturais do lignotúber foram relativamente estudados, todavia, os aspectos genéticos relacionados a este caráter não são em sua totalidade conhecidos, assim como sua herança em plantas portadoras para este caráter (MULLETTE & BAMBER, 1978; SEDGLEY, 2002).

Diante desse cenário, o estudo sobre a relação do lignotúber com a tolerância aos diversos tipos de estresse (biótico e/ou abiótico), a influência dessa estrutura na sobrevivência de plantas que a possuem, bem como os parâmetros genéticos envolvidos necessitam ser melhores esclarecidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa foi compreender a influência do lignotúber sobre características silviculturais em duas espécies de eucalipto, bem como seu híbrido e retrocruzamento, em condição de campo.

2.2 Objetivos Específicos

- Relacionar a presença do caráter lignotúber com o estresse, seja ele causado por fatores abióticos ou bióticos, em progênies de duas espécies de eucalipto e seus híbridos.

- Estimar correlações fenotípicas entre o lignotúber, CAP e altura.

- Estimar a influência da heterose e epistasia nos caracteres CAP e altura para a “ F_1 ” e retrocruzamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Origem e situação atual do Eucalipto no Brasil

O gênero florestal *Eucalyptus spp.* é originário da Austrália e se adaptou muito bem às condições edafoclimáticas brasileiras, passando a ser utilizado como fonte de

madeira e matéria-prima para a produção de celulose, papel e outros insumos (KOCUREK & STEVENS, 1997).

As primeiras mudas de eucaliptos chegaram ao Brasil por volta de 1825 e foram plantadas no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Os plantios agrupados aconteceram no Rio Grande do Sul em 1868, promovidos por Frederico de Albuquerque (ANDRADE, 1961).

Somente a partir de 1904, o eucalipto foi introduzido em escala econômica por Edmundo Navarro de Andrade, a serviço da Companhia Paulista de Estradas de Ferro de São Paulo. As florestas plantadas tinham como objetivo, principalmente, a produção de dormentes, mourões e postes, para o abastecimento das caldeiras das locomotivas e outros fins energéticos, visando a produção de madeira que pudesse atender ao funcionamento das ferrovias (MARTINI, 2004).

Conforme as florestas nativas foram sendo devastadas por conta da demanda crescente, espécies de rápido crescimento passaram a ser cultivadas como substituição natural. Entre essas espécies estavam o eucalipto, o pinus e a acácia. A partir daí, a atividade florestal tomou novos rumos, chegando à implantação de florestas homogêneas de espécies exóticas de rápido crescimento e a verticalização das empresas de grande porte, fazendo com que o Brasil começasse a se tornar um importante exportador de papel, celulose e outros produtos derivados da madeira (FENNER, 1991; MARCELINO, 2004).

O eucalipto se reproduz predominantemente por alogamia (fecundação cruzada), entretanto a fecundação cruzada é comum, com uma taxa de 10 a 35% de ocorrência. As flores são hermafroditas e protândricas, e a polinização ocorre principalmente por insetos, não ocorrendo polinização anemófila. Todas as espécies conhecidas possuem $2n=22$ cromossomos (ELDRIDGE *et al.*, 1993), e o tamanho do genoma varia de 380

milhões de pares de base (380 Kpb) em *C. citriodora* (anteriormente classificada como *E. citriodora*), até aproximadamente 650 Kbp em *E. grandis* (GRATTAPAGLIA & BRADSHAW, 1994). A hibridação entre espécies de diferentes subgêneros não ocorre, entretanto é possível entre espécies dentro do mesmo subgênero, principalmente se pertencerem à mesma secção (GRIFFIN *et al.*, 1988; ASSIS, 2000).

Atualmente, o plantio de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil já ocupa mais de 6,6 milhões de hectares, com uma taxa de crescimento anual de 4,5% em relação ao indicador de 2011. Os plantios de *Eucalyptus* representaram 76,6% da área total (ABRAF, 2013). Os estados possuidores dos maiores plantios são Minas Gerais (28,2%), São Paulo (20,4%), Mato Grosso do Sul (11,9%) e Paraná (11,5%) (Figura 1). Em relação ao aumento da área plantada, os destaques são Tocantins (39,9%) e Mato Grosso do Sul (19,0%), e resultam principalmente, de investimentos realizados por empresas nacionais do segmento de celulose e papel (ABRAF, 2013), movimentando na economia brasileira US\$ 37,3 bilhões, que equivale a aproximadamente 3,5% do PIB nacional sendo responsável por cerca de 6,9 milhões de empregos diretos e indiretos no país (SBS, 2008).

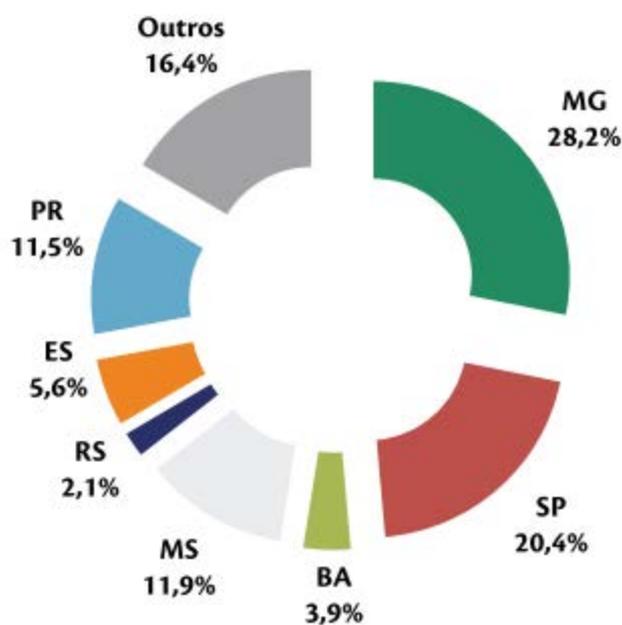


Figura 1: Percentual da área de plantios de *Eucalyptus* por estado. (ABRAF, 2013)

Sendo amplamente difundida por todo o território brasileiro a cultura do *Eucalyptus* possui áreas com grandes limitações ao desenvolvimento das plantas como exemplo, os diversos níveis de estresse hídrico, tornando dificultosa a escolha de indivíduos adaptados, fazendo-se necessário a identificação de materiais superiormente promissores para cada situação (STAPE *et al.*, 2004).

3.2 O *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden

O *Eucalyptus grandis* ocorre naturalmente na Austrália na região compreendida pelas latitudes 32°51' a 17°S, nas altitudes de 600 a 1.000 metros, em solos profundos e vulcânicos das margens dos rios e encostas nos estados de New South Wales e sudeste de Queensland (Figura 2), onde predomina o clima subtropical com pluviosidade entre 1.000 e 1.800 mm anuais (BLAKELY, 1965). Em regiões naturais a espécie é

tipicamente encontrada em povoamentos homogêneos e, muitas vezes, consorciada com *Eucalyptus pilularis* ou com espécies da floresta pluvial (BURGESS, 1983). No Brasil, o *Eucalyptus grandis* encontra boas condições para o seu desenvolvimento, desde a região Sul até a região Norte do país.

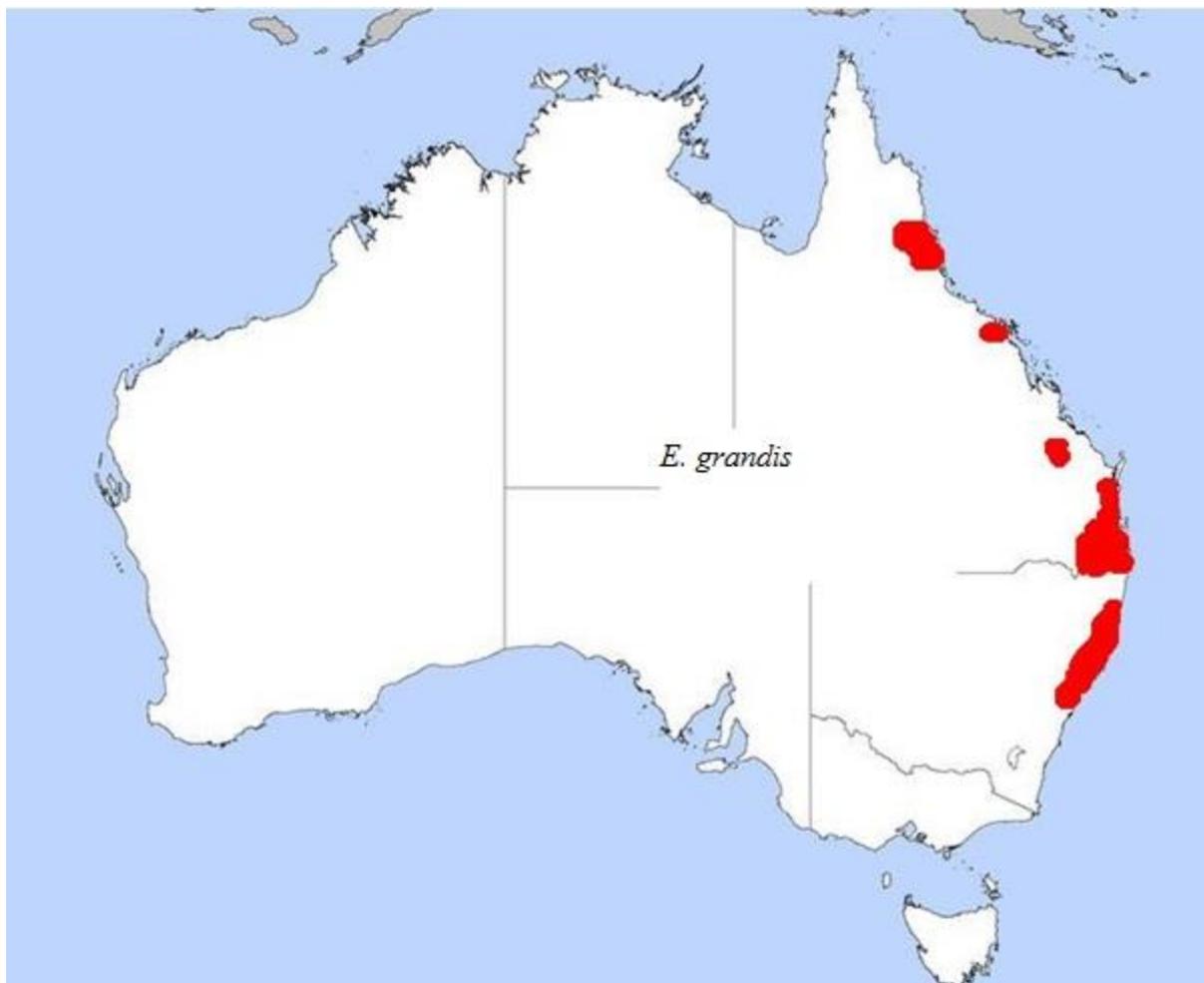


Figura 2: Área de ocorrência do *Eucalyptus grandis* na Austrália (BOLAND *et al.*, 2006).

Segundo Mora e Garcia, esta espécie supera qualquer outra em incremento volumétrico, em condições ambientais adequadas, sendo a mais plantada no Brasil, pela sua plasticidade fenotípica e também pela sua plasticidade genética, muito utilizada na obtenção de híbridos e na clonagem de árvores selecionadas. A procedência de Coffis

Harbour - Austrália é a mais plantada, com programas de melhoramento em gerações avançadas, principalmente para a produtividade (KAGEYAMA, 1983; ROCHA, 2000).

Descrevendo brevemente os aspectos fisiológicos silviculturais, o *E. grandis* é uma árvore alta, varia entre 20 a 40 m, podendo chegar a mais de 75 m de altura. Seu tronco é retilíneo, com casca pulverulenta, desprendendo-se em tiras longas deixando aparecer em baixo uma superfície lisa branca, acinzentada, esverdeada ou salmão. Sua ramagem é longa e robusta, formando copa aberta ou alongada. Quando juvenis, as folhas do *E. grandis* são opostas, depois alternadas oval-lanceoladas pecioladas, e quando adultas, são lanceoladas falcadas, verde-escuras, brilhantes, com ápice agudo e margens levemente onduladas, com 10 a 20 cm de comprimento e pecíolos de 2 a 3 centímetros. As flores ocorrem em inflorescências do tipo umbelas axilares, com pedúnculo achatado. Seus botões são sésseis, piriformes, com opérculo ligeiramente apiculado. Os frutos são cápsulas piriformes, geralmente verde-azulados, deiscentes, com valvas encurvadas de aproximadamente 7 mm de diâmetro, com sementes pequenas e marrons. Sua madeira é de cor marrom rosada, ideal para construção e caixotaria. O *E. grandis* é uma espécie adequada para o reflorestamento, para plantios em lugares inundados e também para fixação de barrancos de rios, devido as suas raízes profundas (LORENZI *et al.*, 2003). Segundo Angeli (2005), o *E. grandis* também pode ser utilizado para a produção de celulose e papel, lenha e carvão, serraria, movelaria e laminação.

3.3 O *Eucalyptus urophylla*

Inicialmente classificado por Pryor & Johnston (1971), o *E. urophylla* fez parte do subgênero *Symphymirtus*, secção *Exertaria* e série *Albae*. Martin & Cossalter

(1975) não concordando com esta classificação sugeriram que o *E. urophylla*, seria melhor classificado sob a secção Transversaria, série Saligna e subsérie Resiniferinae. Contudo, Moura (2004) relata que Pryor (comunicação pessoal) alocou a espécie na subsérie Saligninae e supersérie Saligna, ao lado de espécies como *E. saligna*, *E. grandis*, *E. deanei*, *E. botryoides* e o *E. robusta*.

Originário da Indonésia, no Arquipélago Sonda (Figura 3), sua área de ocorrência natural varia de 7°30' a 10°S de latitude e 350 a 2.960 metros de altitude. A longitude varia de 122 a 127°E, totalizando em uma faixa de ocorrência de aproximadamente 500 quilômetros. Nesta região as precipitações anuais variam de 600 a 2.500mm e o clima subtropical seco a tropical úmido com aproximadamente 4 a 5 meses secos por ano.

A temperatura média máxima está entre 27 e 29°C aos 400 m de altitude a 17 a 21°C a 1.900m de altitude (MARTIN & COSSALTER, 1975). Nestas áreas formam florestas altas, ecologicamente similares à “Wet Sclerophyll Eucalypt Forest” do nordeste da Austrália. Em muitas destas áreas ocorrem florestas “puras”, com árvores medindo acima de 55 metros de altura, tornando a espécie uma das doze que mais crescem (PRYOR *et al.*, 1995).

Dentro da espécie *E. urophylla*, existe duas variedades distintas, sendo uma de casca fibrosa, folhas lanceoladas com calda bastante pronunciada, procedente de regiões com altitudes superiores a 1.000 m (esta variedade foi utilizada por Blake para descrever e classificar a espécie), principalmente na ilha Timor, e uma segunda variedade a qual apresenta casca lisa em diferentes proporções do fuste e folhas com forma e tamanhos variáveis (MARTIN & COSSALTER, 1975; VIEIRA & BUCSAN, 1980).

Segundo Ferreira (1997), o *E. urophylla* é uma espécie de grande interesse para as zonas tropicais úmidas e as procedências mais produtivas são as mais tropicais. Os diversos ensaios de procedências, instalados em diferentes países tropicais úmidos, têm revelado uma grande estabilidade de resposta das procedências.

A primeira introdução de *E. urophylla* foi realizada em 1919, no Horto Florestal de Rio Claro, pelo Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, dito como o pioneiro nas atividades de reflorestamento e preservação florestal. Navarro iniciou os reflorestamentos experimentais com espécies e variedades de eucaliptos para a produção de postes, mourões, dormentes e lenha, para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MARTINI, 2004).

A segunda e a terceira introdução foram realizadas pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em 1967, e pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, em 1969, ambas com procedências de Timor. Durante a década de 1970, outras introduções foram realizadas, com as mesmas procedências e de outras ilhas (MOURA, 2004).

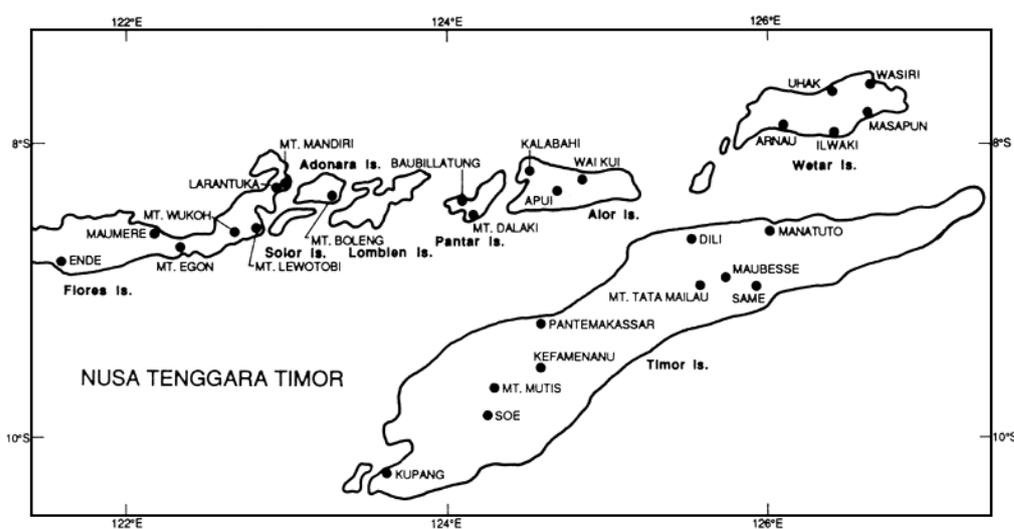


Figura 3: Ilhas do Arquipélago da Indonésia onde o *E. urophylla* ocorre naturalmente (FAO, 1991).

Apresentando alto potencial de utilização da madeira (fabricação de celulose e papel, chapas duras, postes, dormentes, serraria, produção de carvão, entre outros), a espécie *E. urophylla* viabiliza o seu uso em larga escala na indústria. A resistência ao déficit hídrico, ao fungo causador da ferrugem (*Puccinia psidii*), e principalmente, a tolerância ao cancro do eucalipto causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis*, também colaboram para o destaque da espécie. A boa adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, fazem do *E. urophylla* uma espécie chave e de grande potencial para ampliar as fronteiras florestais, expandindo o cultivo para as regiões Norte e Nordeste, onde os plantios florestais tendem a crescer (SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2003).

Usos secundários também são atribuídos ao *E. urophylla*, como na proteção das margens dos rios, proporção de sombra nos sistemas silvipastoris, produção de mel com boas propriedades, óleo essencial com propriedades desinfetantes, utilizado na fabricação de sabão e na indústria de perfumes (SELN & MITLÖHNER, 2011).

3.4 O Híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* (Urograndis)

Os híbridos do gênero *Eucalyptus* vêm adquirindo importância no Brasil por proporcionarem árvores com rápido crescimento, resistentes a pragas e doenças e com madeira de alta qualidade. O Urograndis é um híbrido, resultado do cruzamento do *E. urophylla* com o *E. grandis*, desenvolvida no Brasil apresentando grande destaque dentro dos plantios comerciais e utilizado desde a década de 1980. Expressa um bom crescimento (característica do *E. grandis*) com maior densidade da madeira, melhorando

o rendimento e propriedades físicas da celulose (características do *E. urophylla*) (CARVALHO, 2000).

Verifica-se que as características de interesse, em níveis favoráveis, se encontram em diferentes espécies, as quais são particularmente adaptadas a determinadas condições climáticas peculiares. Assim, o grande desafio dos programas de melhoramento florestal é desenvolver genótipos com todas essas características. Isso implica na criação de novas combinações genótípicas não existentes naturalmente na natureza e que somente podem ser conseguidas através da hibridação interespecífica. Dessa forma, tais híbridos podem garantir complementariedade de características e heterose (ou vigor híbrido) para atributos de crescimento (FONSECA *et al.*, 2010).

O material genético florestal mais utilizado no Brasil para obtenção de celulose de fibra curta é o híbrido urograndis, que se mostrou altamente adaptado à indústria de celulose e papel, apresentando elevados rendimentos e alta qualidade da polpa (GONÇALEZ *et al.*, 2014).

Bison *et al.*, (2006) citam em seu trabalho que a hibridização interespecífica de *E. grandis* x *E. urophylla* tem produzido clones superiores para produção de celulose, devido ao bom desempenho para volume de madeira. O germoplasma de urograndis reúne as qualidades de crescimento rápido e qualidade da madeira de *E. grandis*, com a rusticidade, resistência a doenças e a facilidade de enraizamento do *E. urophylla*, sendo responsável por 80% dos plantios clonais de eucaliptos no país (PALUDZYSZYN FILHO & SANTOS, 2011).

Atualmente mais de 600.000 hectares são cultivados com este híbrido, constituindo na base da silvicultura clonal brasileira. O objetivo do cruzamento destas duas espécies é obter plantas com um bom crescimento, características do *E. grandis* e um leve aumento na densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades

físicas da celulose, características do *E. urophylla*. A rusticidade, propriedades da madeira e resistência ao déficit hídrico do *E. urophylla* também fazem parte deste interesse no cruzamento. (AGROTECA TANABI, 2014).

O híbrido urograndis apresenta o importante comportamento que é a resistência à escassez de água. A madeira é considerada moderadamente leve, com cerne diferenciado e sua regeneração ocorre através de brotação de cepas, e é considerada boa. O ritmo de crescimento e o rendimento volumétrico são geralmente superiores quando comparados a outras espécies convencionais (crescimento em diâmetro até 20% superior a outras espécies), a altura pode alcançar até 15% a mais do que a convencional. É uma planta com capacidade comprovada de adaptação em todas as regiões do país, exceto no sul, onde é considerada sensível a geadas severas (BENTEC SEMENTES, 2014).

Devido à grande importância da utilização de espécies de *Eucalyptus* para a economia brasileira, tendo em vista extensas áreas cultivadas no território nacional, os novos materiais genéticos de espécies puras e de seus híbridos, multiplicados pelo processo de clonagem ou por sementes em experimentos e plantações comerciais, necessitam de pesquisas para serem melhores conhecidos e relacionados com os parâmetros genéticos silviculturais de interesse.

3.5 O Lignotúber

A estrutura lignotúber apresenta-se como um órgão lignificado sendo composto por protuberâncias de madeira, contendo alto tecido de parênquima de reserva, relacionado ao estoque de carboidratos (KERR, 1925; CHATTAWAY, 1958; CRUZ *et al.*, 2003; GRAHAM, 1998), e inúmeras gemas vegetativas, relacionadas à função de

brotção (WHITTOCK *et al.*, 2003). Basicamente é composto pelas mesmas estruturas do caule, somente diferindo quantitativamente em relação a este (CHATTAWAY, 1958; KERR, 1925, BAMBER & MULLETTE, 1978). Em situações normais, estas gemas estão inibidas pela dominância apical, mas quando ocorre corte ou injúria ao dossel, a dormência é quebrada pela eliminação da auxina, produzida principalmente na parte aérea (REIS & REIS, 1997). A auxina, além de induzir esta dominância apical, também tem um papel importante na mobilização dos carboidratos e substâncias de crescimento (RIBEIRO, 1998).

Necessitando de gemas acessórias ou ocultas para se desenvolver, o lignotúber somente é apresentado por espécies de eucalipto que possuam estas gemas, acima ou abaixo das gemas axilares. Porém, a presença das gemas acessórias não necessariamente indica que determinada espécie desenvolve lignotúber, como ocorre em *E. camaldulensis*, *E. pilularis*, entre outras, cujas gemas não resultam na formação de lignotúber (CHATTAWAY, 1958, GRAHAM *et al.*, 1998).

Algumas espécies apresentam este órgão por todo o seu ciclo de vida como é o caso do *E. urophylla* (Figura 4), enquanto outras espécies podem perdê-lo na fase adulta, como *Eucalyptus gummifera* (MULLETTE, 1978).

Além da família *Myrtaceae*, a qual pertence o eucalipto, outras famílias também apresentam plantas lignotuberosas: *Bruniaceae*, *Ericaceae*, *Fabaceae*, *Garryaceae*, *Grubbiaceae*, *Peneaceae*, *Proteaceae*, *Rhamnaceae*, *Rosaceae*, *Rutaceae*, *Styracaceae*. A maior parte das plantas com lignotúber ou outros órgãos de reserva são típicas de clima mediterrâneo, com invernos brandos e úmidos e verões longos e secos, com ocorrência de queimadas naturais periódicas (JAMES, 1984).



Figura 4: *Eucalyptus urophylla*, aos nove meses de idades, que possui lignotúber.

Na década de 70 e início dos anos 80, a condução da brotação de cepas em eucalipto, como alternativa na regeneração de povoamentos foi muito utilizada. Com a introdução e utilização em larga escala de materiais genéticos melhores e mais produtivos, por motivos econômicos, a alternativa de reforma por povoamentos foi adotada. O interesse na condução das cepas diminuiu e as pesquisas, relativamente intensas, foram interrompidas. Com o surgimento da utilização da silvicultura clonal, a situação não se alterou significativamente, sempre havendo maior interesse em plantios extensivos de novos clones selecionados, os quais apresentam produtividade crescente e

melhor qualidade da madeira. No entanto o regime de sistema de talhadia pode oferecer a pequenos e médios produtores madeira de boa qualidade para atender suas necessidades diárias e propiciar um retorno financeiro atrativo. Mesmo em empresas grandes, esse sistema pode se mostrar lucrativo e retardar o custoso processo de reforma de suas áreas de plantio.

A presença de lignotúber favorece a obtenção de mudas de eucalipto por propagação vegetativa, além de otimizar o regime de condução de brotações (talhadia). A cada rotação, pode-se obter a mesma produtividade quando a floresta é manejada por brotação, desde que mantidas as condições ambientais, com baixo nível de perturbação do solo, manutenção de seu status hídrico e reposição dos nutrientes. Segundo Balloni & Silva (1978), a ausência de plantas com lignotúber em uma determinada espécie não impossibilita que a mesma tenha uma intensa e vigorosa brotação. Entretanto, em condições adversas de solo e clima, essas protuberâncias passam a ter papel fundamental na manutenção de altos índices de sobrevivência da touça. Com vista nestes pontos, os programas de melhoramento florestais devem selecionar indivíduos com alto poder de rebrota para facilitar a produção vegetativa de mudas (ASSIS *et al.*, 1997).

A origem dessa estrutura é controversa, há autores que acreditam que o lignotúber está correlacionado à outra estrutura, a qual terminologia deve ser aplicada ao sistema subterrâneo xilopódio (parte superior) e raiz tuberosa (porção inferior). O termo xilopódio foi usado pela primeira vez por Lindman (1906) para um tipo especial de estrutura subterrânea, presente em algumas plantas comumente encontradas no cerrado brasileiro. Em sua descrição não se define a natureza anatômica desta estrutura, por vezes referido como um caule subterrâneo, seja sozinho ou em conjunto com raízes. Na verdade, a ontogenia desta estrutura, cuja característica mais marcante é a sua

capacidade gemífera (RIZZINI & HERINGER., 1961), é muito complexo. Paviani (1977) observou que em *Brasília sickii* (*Compositae*), comumente encontrada nas savanas africanas, o xilopódio pode ser considerado uma unidade morfológica, mas não anatômica. Segundo Paviani (1977), a estrutura xilopodial ora é caulinar ora é radicular, mas sempre com mais de um eixo de simetria. O xilopódio tem predominantemente, uma estrutura caulinar derivada do hipocótilo. Entretanto, em algumas ocasiões, mostra-se como uma região vascular, ou ainda uma estrutura radicular.

Os lignotúberes são outro tipo de estrutura lenhosa subterrânea que permite a planta brotar rapidamente após o fogo e reocupar áreas queimadas (TRABAUD, 1987). Mas ao contrário do xilopódio, essas estruturas são órgãos de armazenamento com muitas gemas dormentes (MOLINAS & VERDAGUER 1993). Acredita-se que sua fixação nas espécies de eucalipto possa estar relacionada à seleção natural causada pelo fogo das queimadas naturais que ocorrem nas florestas da Austrália (CHEAL *et al.*, 1979, WOUTERS, 2004).

O lignotúber está presente em quase todas as espécies do gênero *Eucalyptus* (95%) como é o caso de *E. urophylla*, *E. brassiana* e *E. saligna*. Outras espécies não apresentam o órgão, como é o caso de *E. grandis* (ELDRIDGE, 1994). Neste estudo serão utilizadas duas espécies de eucalipto, que são elas: *Eucalyptus grandis*, a qual não apresenta lignotúber em nenhum ciclo de vida e a *Eucalyptus urophylla*, apresentando ao menos em um ciclo.

Estudos evidenciam que a presença de tal órgão em eucalipto é influenciada pelo ambiente. Whittock *et al.*, (2003) mostraram que houve uma menor formação de lignotúber nas plantas de *E. globulus* em ambiente mais úmido, indicando que o órgão é formado preferencialmente em condições de estresse hídrico.

Sabe-se que a herdabilidade para o caráter lignotúber é variável entre as espécies e até mesmo dentro das sub-raças, o que sugere influência ambiental na expressão deste caráter. No trabalho de WHITTOCK *et al.*, (2003), por exemplo, as sub-raças de *E. globulus* que produziram menos plantas com lignotúber foram as de ambiente mais úmido e com casca fina. O tempo de desenvolvimento do lignotúber e a estação preferencial também variam de acordo com as espécies, havendo uma grande variação descrita entre os trabalhos (CHATTAWAY, 1958, JAMES, 1984, WHITTOCK *et al.*, 2003).

Martins (2006) avaliou a segregação do caráter em uma população F_2 de híbridos urograndis. Esta população F_2 foi originada pela autofecundação de uma população F_1 formada a partir do cruzamento entre um clone de *E. grandis* e um clone de *E. urophylla*. As plantas F_2 foram submetidas a condições de estresse hídrico e nutricional o que ocasionou um aumento na produção de lignotúber nos indivíduos. A proporção de plantas com lignotúber após o estresse foi de 3:1 (qui quadrado 2,42; $p\text{-valor} > 0,1$) indicando tratar-se de um caráter quantitativo monogênico dominante. Contudo, existe ainda uma grande escassez de informação que sustente essa hipótese, evidente apenas que a formação do lignotúber está relacionada a uma resposta da planta ao estresse abiótico.

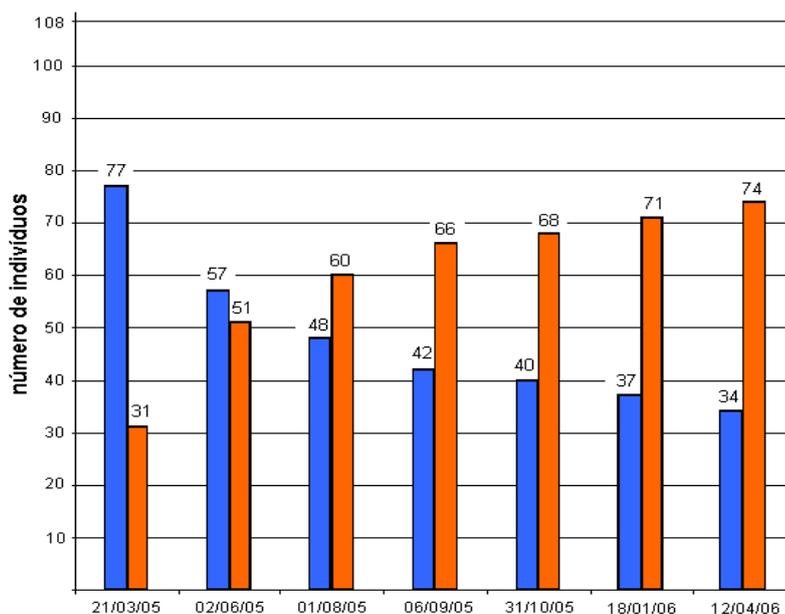


Gráfico 1: Gráfico com as diferentes avaliações fenotípicas, da presença de lignotúber, realizadas em população F_2 de urograndis submetida a estresse abiótico. As barras laranjas representam o número de plantas com lignotúber e plantas sem lignotúber são mostradas nas barras azuis.

Segundo o gráfico 1, ao passo em que o estresse hídrico e nutricional era acentuado, a formação do lignotúber e a sobrevivência das plantas com o órgão eram aumentadas. Acredita-se que o lignotúber, por ser um órgão de reserva e relacionado a rebrota, facilite a adaptação e a sobrevivência dos indivíduos portadores em ambientes hostis. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Fordyce *et al.*, (2000), quando trabalharam com a planta lignotuberosa *Allosyncarpia ternata*, em que as mudas cultivadas em casas de vegetação sob déficit hídrico e nutricional se desenvolveram com mais dificuldade, porém sobreviveram.

Frente ao exposto, os estudos mostram que o lignotúber é uma estrutura de grande importância nas plantas e fator determinante na escolha de espécies para compor o plantio onde o estresse é alto, e trabalhos que envolvam a estrutura lignotúber com

características silviculturais, em ensaios de campo, além de escassos são de extrema importância.

4. MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS

A base desta importante área da engenharia florestal é, em primeiro lugar, a própria genética, que por sua vez teve início com o monge Gregor Mendel no século XIX e posteriormente com os redescobridores das Leis de Mendel, em 1900. O melhoramento genético de espécies florestais é uma ciência nova, sendo que somente a partir de 1950 apresentou grandes avanços. As principais espécies inicialmente melhoradas foram o *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, nos EUA, e a *Acacia mearnsii* (acácia negra), na África do Sul (BORÉM, 1998).

No Brasil o melhoramento florestal desenvolveu-se a partir de 1967, embora os trabalhos tenham se iniciado muito antes desta data. A partir de então, o melhoramento genético florestal tem prestado grandes contribuições à silvicultura intensiva no país (DESTRO, 1999).

Apresentando potencial promissor para o desenvolvimento do melhoramento agrícola, o Brasil é um país detentor de grande diversidade biológica e o mais rico em plantas, animais e microrganismos, com cerca de 20% do total existente. No caso de plantas superiores, o Brasil possui aproximadamente 55 mil espécies, o equivalente a 21% do total classificado em todo o mundo. Essa elevada concentração de biodiversidade mostra que existe um elevado número de genes tropicais e de genomas funcionais (VALOIS, 2001).

O melhoramento vegetal envolve dois aspectos fundamentais: a seleção dos genitores e os mecanismos de herança dos caracteres a serem selecionados. O tempo

necessário para completar um ciclo de seleção e recombinação de indivíduos para características quantitativas que se expressam somente em idades mais avançadas, e a dificuldade em selecionar de uma forma eficiente a ponto de indivíduo, são uns dos principais obstáculos do melhoramento genético florestal (QUOIRIN & VIEIRA, 1995). Ambos os aspectos requerem um conhecimento detalhado da constituição genética das espécies a fim de se obter, eficientemente, ganhos genéticos significativos no melhoramento e produção de florestas.

Outro desafio do setor é identificar alelos mutantes dentro do gênero *Eucalyptus* para que os mesmos possam ser transferidos para indivíduos superiores, isso é facilitado pela distribuição natural das florestas de eucalipto que ocupa diferentes ambientes, característica esta que faz dessa espécie florestal uma das mais adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas.

O aumento da produtividade, a maior resistência às doenças e pragas, o decréscimo no tempo necessário para produzir e distribuir novos cultivares de plantas, provavelmente com produção de novos organismos vegetais e animais, são alguns avanços do melhoramento e da engenharia genética (HOBELINK, 1990).

Espécies florestais como o pinus e o eucalipto vêm sendo selecionadas pelos programas de melhoramento florestal para a obtenção de árvores mais produtivas, com características adaptadas às diversas regiões do País, e com resistência a fatores bióticos e abióticos. O maior objetivo é selecionar as árvores com as melhores características florestais e industriais, tais como vigor, forma, resistência a doenças e pragas, qualidade da madeira e rendimento industrial, entre outras. Neste ponto, surgem as pesquisas objetivando introduzir características desejadas nos clones superiores (CIERO, 2012).

De acordo com a FAO, mais de 210 ensaios de campo estão sendo conduzidos em 16 países, envolvendo aproximadamente 15 espécies. Destas, o gênero *Populus* é o

mais estudado com 51% dos ensaios, seguido pelo Pinus, com 23%, pelo Liquidambar, com 11% e o pelo Eucalyptus, com 7%. A maioria destes (64%) estão sendo avaliados nos Estados Unidos, seguidos pela França e Finlândia, na Europa. Das modificações genéticas reportadas em árvores, aproximadamente a metade está relacionada ao método de transformação ou a questões de biologia básica.

Dos ensaios remanescentes, 13% avaliam a tolerância a herbicidas, 12% resistência biótica, 9% a química da madeira e 6% o estudo de fertilidade. Hoje, as características em foco são: aumento na densidade da madeira, redução e modificações no conteúdo e tipo de lignina e aumento no conteúdo da celulose. No Brasil, testes no âmbito de campo estão sendo conduzidos nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, com eucalipto contendo gene de tolerância a herbicida.

Lins *et al.*, (2001) afirmaram que o melhoramento florestal centra-se na identificação e quantificação da variabilidade apresentada por caracteres de interesse, e sua utilização na manutenção da produtividade. Onde o melhoramento de uma população para um dado caráter é resultado do ganho de seleção, que depende do diferencial de seleção, que por sua vez é a diferença entre a média do grupo selecionado e a média da população original. Portanto, em processo de seleção, quanto maior for a intensidade de seleção, maior será esse diferencial e, conseqüentemente, maior o progresso genético.

Ao definirem a constituição dos programas de melhoramento florestal, Zobel & Talbet (1984), concluíram que as etapas a seguir devem ser consideradas: a) Determinar as espécies ou fontes geográficas dentro de uma espécie, que possam ser usadas em uma dada área; b) Determinar as causas, a quantidade e a natureza da variedade dentro de espécies; c) Produzir árvores que reúnam as combinações de caracteres desejados; d) Produzir maciçamente materiais melhorados para fins de reflorestamento e e)

Desenvolver e manter uma população base, suficientemente adequada, para garantir progressos em gerações avançadas.

O êxito no melhoramento genético está associado à capacidade de acerto na escolha dos melhores indivíduos que serão os genitores das próximas gerações. Sendo que uma das maneiras de identificar indivíduos portadores de genes desejáveis se faz com a avaliação genética dos candidatos a seleção. A seleção deve ser feita nos valores genéticos aditivos e genotípicos que são utilizados na recombinação e clonagem, respectivamente, dos indivíduos.

Dependendo da finalidade da matéria-prima ou mesmo das propriedades atribuídas às características nos diferentes ciclos de seleção, Shimizu, Kageyama & Higa (1982) salientaram que as seleções devem se concentrar em um ou poucos caracteres. Os programas de melhoramento genético são processos aplicados durante gerações, que tendem a restringir a amplitude da variabilidade genética, sempre na direção em que a seleção se processa com maior intensidade. Ao contrário dos programas de conservação genética, que objetivam os trabalhos na seleção, avaliação e utilização de todo material genético.

Tomando como base o conceito de multipopulações, a estratégia adotada de melhoramento para o *Eucalyptus grandis* busca conciliar ganho genético e a manutenção da base genética da população, subsidiando os programas de melhoramento nas gerações avançadas. Esses procedimentos têm apresentado ganhos de produtividade e qualidade florestais e propiciado uma boa adaptação do germoplasma (LAVORANTI, DIAS & VENCOVSKY, 2002).

Desde quando foi introduzido no Brasil (século XX), o eucalipto tem passado por certo nível de melhoramento genético ao longo dos anos. Ganhos genéticos da ordem de 1% são obtidos anualmente. Inicialmente, foram identificadas espécies mais

promissoras para os diversos tipos de plantio. Após vinte anos de testes realizados entre espécies e procedências, intensificaram-se os testes de progênies e os Programas de Seleção Recorrente Intrapopulacional (SRI). (ASSIS, 1980; KAGEYAMA, 1980; KAGEYAMA & VENCONVSKY, 1983). A partir de 1990, programas intensivos de hibridação foram implementados e em 2000 iniciaram-se os programas de Seleção Recorrente Recíproca (SRR) para o melhoramento do híbrido entre espécies divergentes, especialmente o urograndis. No processo de melhoramento, houve também transição de plantios seminiais para plantios clonais. O grande sucesso dos plantios clonais retardou, em parte, a evolução do melhoramento genéticos, mas atualmente os programas de melhoramento constituem prioridade no setor florestal, a fim de se obterem genótipos superiores adaptados, principalmente para a clonagem, mas também para o plantio por sementes (FONSECA *et al.*, 2010).

O melhoramento do eucalipto no Brasil é principalmente praticado por indústrias de papel e celulose, seguido pelas indústrias siderúrgicas usuárias de carvão vegetal. Sendo assim, o melhoramento para outras finalidades praticamente é inexistente (FONSECA *et al.*, 2010).

Face ao exposto, estudos por meio de ensaios a campo que ilustram corretamente a realidade do plantio de eucalipto no Brasil é de grande valia para a compreensão do comportamento silvicultural genético de espécies florestais, viabilizando ganhos nos programas de melhoramento florestal, conduzindo à expansão desse setor para a economia brasileira.

4.1. Parâmetros genéticos

Para obter populações melhoradas que se adequem às exigências da produtividade florestal, é primordial identificar genótipos superiores na população sob seleção. Estudos vêm sendo realizados com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para as espécies florestais mais importantes. A seleção recorrente no melhoramento florestal é de longo prazo devido aos demorados ciclo produtivo e recombinação. Dessa forma, as estimativas de parâmetros genéticos para este tipo de espécie auxiliam o melhorista na escolha dos melhores genótipos. (KAGEYAMA, 1980).

As estimativas dos parâmetros genéticos possibilitam a obtenção de informações sobre a natureza da ação gênica envolvida na herança dos caracteres de interesse e fornecem base para avaliação e sucesso da estratégia de melhoramento (ZOBEL & TALBERT, 1984).

Dentre os parâmetros genéticos estudados, as variâncias genéticas, os coeficientes de variação e o ganho genético são objetos primordiais para os melhoristas em testes de progênies. A variância genética aditiva é o componente crucial e fator determinante no melhoramento, pois é a principal causa da semelhança entre parentes, logo, é o principal indicador das propriedades genéticas observadas em uma população e sua resposta à seleção (FALCONER, 1981). A separação entre a variância genética e a não genética é o principal objetivo de estudo da genética quantitativa (FALCONER & MACKAY, 1996), conseqüentemente, é fundamental a minimização ou estratificação da variação não genética na escolha do delineamento utilizado. Portanto, estimativas precisas dos componentes de variância são importantes para a predição de valores genéticos e para maximizar a acurácia da seleção, além de serem necessárias para a predição de valores genéticos em programas de melhoramento de espécies florestais.

Segundo Resende (1999) as estimativas dos componentes de variância podem ser realizadas pelo método de quadrados mínimos, para situações de dados balanceados ou pelo método da máxima verossimilhança restrita, para a situação de dados desbalanceados, dentre outros.

A compreensão do tipo de ação gênica para os caracteres quantitativos de interesse orienta sobre o esquema mais adequado de seleção a ser adotado e na estimativa do progresso esperado com a seleção (VENCOVSKY, 1969). Como já mencionado, para plantas perenes, a obtenção destas estimativas é ainda mais importante do que em plantas anuais, devido ao longo ciclo dessas espécies. Por isso, é imprescindível que os experimentos de campo sejam corretamente delineados e conduzidos, com a finalidade de se alcançar resultados confiáveis (BISON, 2004).

É válido ressaltar que, para a obtenção de ganhos genéticos é importante o monitoramento da base genética, a fim de evitar perdas expressivas de variabilidade, o que compromete os objetivos do programa de melhoramento (MORI, 1993).

Na seleção, entre e dentro, parte da variância genética aditiva não é considerada, pois é retida nos efeitos de parcela e de blocos. Desse modo, Resende & Higa (1994) sugerem que com a utilização de todos os efeitos do modelo é possível conseguir a maximização na precisão da seleção, embora, em muitos casos as inclusões dos efeitos de parcela e blocos podem pouco alterar a seleção.

A discussão neste tópico torna nítida a importância da obtenção dos parâmetros genéticos, sendo fator determinante para o sucesso nos futuros trabalhos de melhoramento, especialmente no caso de espécies florestais.

4.2 Heterose e epistasia em espécies florestais

A heterose ou vigor híbrido manifesta-se em função do cruzamento entre dessemelhantes, onde os descendentes são transgressivos em relação à média dos parentais (BREWBAKER 1969). Esta característica está associada à capacidade específica de combinação entre os genitores, sendo função das diferenças alélicas entre esses e da dominância alélica dos locos que controlam o caráter de interesse (FALCONER & MACKAY, 1996).

A heterose em cruzamentos intraespecíficos é estudada há muito tempo. No entanto o primeiro relato experimental que consta na literatura é de Kölreuter, em 1776 e Beal (1880).

A sintetização de híbridos inter e intraespecíficos no *Eucalyptus* tem mostrado grande importância dentro dos programas de melhoramento genético deste gênero. A possibilidade de associação de caracteres diferenciados em espécies importantes, bem como a manifestação de heterose verificada nos cruzamentos entre vários pares de espécies têm conduzido os melhoristas de espécies florestais a buscarem na hibridação um meio mais rápido de promover o melhoramento de caracteres desejáveis.

A viabilidade do aproveitamento comercial da heterose, verificada em vários cruzamentos, bem como da perpetuação e multiplicação de combinações híbridas superiores, por intermédio da propagação clonal, possibilitou a adoção da hibridação como ferramenta importante na produção de florestas de qualidade superior.

No gênero *Eucalyptus* existe pouca informação a respeito da ocorrência da heterose. Alguns resultados encontrados na literatura reportam a existência da heterose para caracteres associados ao crescimento das plantas, evidenciando a ocorrência de dominância no controle genético no volume da madeira (BOUVET & VIGNERON,

1996; RESENDE & RESENDE, 2000). Contudo, não tem sido detectada heterose para densidade de madeira (BISON, 2004), rendimento de celulose e teor de lignina (ASSIS, 2000).

Os efeitos epistáticos são entendidos como a interação que ocorre entre genes de diferentes locos. Quando se realiza cruzamento entre espécies, os genes vêm-se obrigados a cooperar com outros genes, para cujas funções eles não têm afinidade. Assim, pode -se esperar que plantas cruzadas estejam em discordância gênica e que a epistasia, quando importante, seja um efeito negativo (KINGHORN, 1993).

Com os avanços da genética quantitativa, conseguiu-se compreender melhor a estrutura das populações por meio dos componentes genéticos da variação, que resultam da ação e da interação entre os alelos do mesmo loco ou de locos diferentes. A primeira decomposição da variância genética foi feita por Fisher, em 1918, ao demonstrar que ela contém três componentes: variância aditiva, devido aos efeitos médios dos alelos; variância dominante, decorrente das interações entre alelos do mesmo loco; e variância epistática, oriunda das interações entre alelos de locos diferentes (BARONA *et al.*, 2009).

A obtenção de populações segregantes, as quais associam média alta com maior variância é de grande importância para o melhoramento genético de qualquer espécie. Existem algumas metodologias que identificam populações segregantes que associem esses dois atributos. Uma das mais utilizadas são os cruzamentos dialélicos que, além de permitir identificar as populações segregantes mais promissoras, possibilitam obter informações a respeito do controle genético dos caracteres (CRUZ *et al.*, 2004).

No caso do *Eucalyptus*, visando à produção de celulose no Brasil, os trabalhos de seleção têm se concentrado em populações e, ou, clones das espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, ou híbridos entre elas. Essas duas espécies são bem adaptadas e têm

possibilitado ganhos expressivos em volume de madeira (VENCOVSKY & RAMALHO, 2000; GONÇALVES *et al.*, 2001). Contudo, é importante a introgressão de alelos de outras espécies visando ampliar a base genética e também possibilitar o melhoramento para outros caracteres, além do volume.

Informações a respeito do controle genético, envolvendo a interação entre genes relacionado com desenvolvimento silviculturais, de caracteres do gênero *Eucalyptus* no Brasil têm sido obtidas em várias oportunidades, utilizando progênes de meio-irmãs (PAULA *et al.*, 1996; GONÇALVES *et al.*, 1997). Contudo, são escassas as informações a respeito da capacidade de combinação que possam orientar os futuros trabalhos de melhoramento envolvendo hibridações (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material Vegetal

Os materiais utilizados foram compostos por plantas das espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, híbrido urograndis (“ F_1 ”) e o retrocruzamento entre o híbrido urograndis com *E. grandis*. As plantas oriundas do material puro de *E. grandis* e *E. urophylla* foram colhidas em pomar de sementes, dos clones EGR33D1 e URO 11, respectivamente. As plantas do “ F_1 ” são oriundas de sementes de HGU – MGJ 2 - Ar-9 - Lamarão III. Histórico: Em 1979, foi instalado o talhão comercial com mudas de *E. urophylla* (sementes procedentes de Anhembi/SP, origem Ilha Flores – Indonésia), intercaladas com mudas de *E. grandis* (sementes procedentes do Pomar de sementes de *E. grandis* – Teste de progênie de *E. grandis* / projeto IPEF 020503403/69, origem Coff’s Harbour – N.S.W) em Turmalina/MG. Em 1987, com as sementes colhidas nas árvores

selecionadas de *E. grandis* foi instalado um Teste de Progênie na Fazenda Pesquisa MGJ. BA. O teste de progênie foi desbastado e transformando em Pomar de Semente por Muda de Híbrido (F_1). As sementes colhidas no Pomar de sementes por muda de híbrido (F_1) refere-se ao HGU (F_2) – MGJ. O retrocruzamento foi composto de sementes de polinização aberta entre os clones SP0617 x SP0530 (SP0617 – *E. grandis*; SP0530 - *E. grandis* x *E. urophylla*).

5.2 Delineamento Experimental

Para execução do estudo foram instalados dois ensaios em duas áreas contrastantes para níveis meteorológicos pertencentes a Empresa Suzano Papel e Celulose, ambos possuem neossolo quartzarênico (características gerais: solos muito profundos, ocorrem em relevos planos ou suave ondulados, alta fiabilidade e não pedregosos, muito porosos e fortemente drenados, solos arenosos, alta suscetibilidade à erosão hídrica, baixa fertilidade natural, baixa capacidade de retenção de água – elevado risco de deficiência hídrica, alto potencial de lixiviação de nutrientes das camadas superficiais). A primeira área está situada na região de Avaré/SP, na fazenda Guarujá (Latitude S 23°12'14.4'' Longitude W 048°44'33.5'', Altitude 750 m), onde o déficit hídrico anual mostra-se inferior a 50mm.

A segunda região está localizada nas proximidades de Boa Esperança do Sul/SP, na Fazenda Flecha Azul (Latitude S 21° 9'77'565'', Longitude W 048°49'1'560'', Altitude 485 m) a qual apresenta baixos índices pluviométricos e déficit hídrico anual superior a 100mm. Os ensaios foram instalados conforme a Figura 6.

Bloco_4	1	4	2	3
Bloco_3	2	3	1	4
Bloco_2	3	2	4	1
Bloco_1	4	1	3	2

Figura 5: Disposição dos quatro tratamentos, distribuídos ao acaso. Os números representam os tratamentos (Trat 1=25% *E. urophylla* 75% *E. grandis*, Trat 2= *E. urophylla*, Trat 3= 50% *E. urophylla* 50% *E. grandis*, Trat 4= *E. grandis*).

O delineamento utilizado em ambos os ensaios foi o de blocos inteiros casualizados com quatro repetições. Cada bloco foi composto por quatro parcelas retangulares de cinco linhas com dez plantas cada, no espaçamento frequentemente utilizado de 3 x 2 metros.

5.2.3. Preparação e Plantio das Mudas

Antes da semeadura o substrato recebeu adubação de base (Osmocote- NPK- 15-9-12) na dosagem 3 kg/m³, a mistura foi feita em betoneira própria para o fim. A semente bruta (semente e palha) foram colocadas para germinar em substrato de germinação (substrato Plantmax) em recipiente com capacidade de 57cm³ em bandeja de 176 células, após o semeio foi feita cobertura das sementes com vermiculita fina (camada de 2 a 3 mm aproximadamente).

A irrigação realizada via barra de irrigação, onde a quantidade de água e o tempo da irrigação foram controlados de forma visual de maneira com que permanecesse a umidade necessária para ocorrer a germinação adequada das sementes. Foram colocadas em casa de vegetação para a emergência das plântulas e permaneceram por 15 dias até que as plantas atingissem 0,5 cm de altura. Foram retiradas da casa de vegetação e

levadas para pleno sol. A irrigação nessa fase foi conduzida de modo que as mudas permanecessem com o substrato umedecido, evitando o encharcamento. Com 30 dias após o semeio foi feito o desbaste e repicagem das sementes. Após a repicagem e desbaste as plantas foram raleadas na bandeja e deixado com 48 plantas para rustificação. A irrigação foi diminuída ao passo que se aproximava a expedição das mesmas para o campo. Foram rustificadas até aos 100 dias e levadas ao campo.

5.2.4 Características Silviculturais Avaliados

Foram medidos, aos 18 meses de idade: (i) altura total de plantas (ALT, m) utilizando-se os instrumentos: hipsômetro *Forestor Vertex* composto por um emissor (vertex propriamente dito) e um *transponder* (mantido a altura de 1,30 m do solo e que funciona como emissor/receptor de ultra-sons), que calcula a altura com funções trigonométricas por meio da determinação de dois ângulos e uma distância horizontal; (ii) circunferência a altura do peito (CAP, cm), usando um paquímetro (suta florestal) para obtenção do circunferência a 1,30 m do solo, onde o instrumento de medição foi mantido paralelo ao solo e perpendicular ao fuste da árvore.

5.2.5 Presença de Lignotúber

As análises fenotípicas de presença e ausência do lignotúber foram realizadas trimestralmente a partir do plantio, através de contagem direta dos indivíduos quanto a presença/ausência de lignotúber. Essa contagem foi realizada a partir de escavações manuais individualmente, a fim de certificar a presença da estrutura lignotúber.

5.3 Metodologia Estatística

Em todas as análises estatísticas, os efeitos de tratamentos foram considerados como fixos. Segundo Cruz (2004) um efeito é considerado fixo quando as conclusões a seu respeito forem válidas somente para ele próprio.

Para a análise conjunta de experimentos (SNEDECOR, 1974) das variáveis CAP e ALT inicialmente foi feito um estudo relacionado às homogeneidades das variâncias utilizando critério descrito por Kronca & Banzato (1989) – relação 7:1 entre a maior e a menor variância amostral.

Posteriormente, foi utilizado, para cada local, um modelo misto tendo como efeitos aleatórios o bloco e o erro, e como efeitos fixos a média e os tratamentos, com o objetivo de obter as variâncias e esperanças dos quadrados médios associados aos efeitos aleatórios e os graus de liberdade residuais (Tabela 1). O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$y_{j,k} = \mu + \rho_j + \tau_k + e_{j,k}$$

Em que,

$y_{j,k}$: é variável resposta do tratamento k no bloco j; μ : é a média geral; τ_k : é o efeito do tratamento k; ρ_j : é o efeito do bloco j; $e_{j,k}$: é erro experimental;

Posteriormente, para as variáveis CAP e ALT foi utilizado um modelo misto para verificação do efeito do local – Análise Conjunta. O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$y_{i,j,k} = \mu + \pi_i + \rho_{j(i)} + \tau_k + \pi_i \tau_k + e_{i,j,k}$$

Em que,

$y_{i,j,k}$: é variável resposta no i-ésimo local do tratamento k no bloco j; μ : é a média geral; π_i é o efeito i-ésimo local; ρ_j : é o efeito do bloco j dentro do local i; τ_k : é o efeito do tratamento k; $\pi_i\tau_k$ é o efeito da interação local tratamento; $e_{i,j,k}$: é erro experimental;

Tabela 1: Esquema da Análise de variância para cada local com as respectivas esperanças dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	r-1	QMB	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + ng\sigma_b^2$
Tratamentos	g-1	QMT	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\phi$
Entre	(g-1)(r-1)	QME	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2$
Dentro	(n-1) g.r	QMD	σ_d^2

Para estimar a variabilidade genética existente entre os tratamentos, foi usado um análogo do coeficiente de variação genética, descrito como:

$$CVg\% = \sqrt{\frac{\phi}{\bar{x}}}.100$$

Em que:

ϕ é o componente quadrático que expressa a variabilidade associada ao efeito considerado fixo, sendo: $\phi = \frac{\sum f_i^2}{gl}$ em que f_i é o efeito considerado e gl os graus de liberdade a este associado. Para isolar ϕ , utilizamos os seguintes passos algébricos:

$$QMT - QME = \sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\phi - \sigma_d^2 + n\sigma_e^2 =$$

$$\begin{aligned}
&= \sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\phi - \sigma_d^2 - n\sigma_e^2 = \\
&= \text{QMT} - \text{QME} = nr\phi = \\
&= (\text{QMT} - \text{QME})/nr = \hat{\phi}
\end{aligned}$$

As comparações dos contrastes (Tabela 2) foram definidas por $Q = \sum c_i Y_i$ com $\sum c_i = 0$, onde o Y_i é a média dos tratamentos. Para testar $H_0: Q = \sum c_i \mu_i = Q = \sum c_i \tau_i = 0$, o t calculado foi estimado por $t = \frac{Q}{S_Q} = \frac{Q}{\sigma^2 \sqrt{(\sum c_i^2)/r}}$, onde $\sigma^2 = \sqrt{QM_e}$ e r é o número de observações por tratamento. (STEEL *et al.*, 1996).

Tabela 2: Estrutura dos contrastes investigados.

Parâmetro	\bar{P}_1	\bar{P}_2	\bar{F}_1	RC_1	$\sum c_i$	Estimativa
Heterose	-0,5	-0,5	1	0	0	$\bar{F}_1 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2}$
Epistasia	-0,5	0	-0,5	1	0	$RC_1 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{F}_1}{2}$

$$\hat{t}_1 = \frac{\hat{y}_1}{\hat{\sigma}_e^2 \sqrt{[(-0,5)^2 + (-0,5)^2 + 1]/r}} \text{ e } \hat{t}_2 = \frac{\hat{y}_2}{\hat{\sigma}_e^2 \sqrt{[(-0,5)^2 + (-0,5)^2 + 1]/r}}$$

Finalmente, foi estimada a correlação de Spearman entre CAP e ligno e ALT e ligno. O uso da correlação de Spearman é apropriado pelo fato da variável aleatória ligno ser de caráter binário - (ocorrência ou não ocorrência). Deste modo, é possível

mensurar o efeito do lignotúber nas variáveis CAP e ALT por meio dos graus de associação entre elas.

Para a análise conjunta de experimentos (SNEDECOR, 1974) da variável ligno, inicialmente foi feita a transformação $\text{logit}(p)$, dada pela seguinte expressão:

$$\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p+0,6}{1-(p+0,6)}\right)$$

Em que:

p é proporção de lignotúber e 0,6 uma constante para garantir o suporte ou domínio da função logarítmica. A partir desta etapa, foi feito o estudo da homogeneidade de variância similar ao já descrito para as variáveis ALT e CAP. Em seguida, poderemos utilizar procedimentos similares aos utilizados para as variáveis CAP e ALT para análise do efeito de local anteriormente descritos.

Finalmente, para o $\text{logit}(p)$ foi ajustado um modelo linear generalizado com resposta gama e função de ligação logarítmica (NELDER & WEDDERBURN, 1972), tendo como fatores os tratamentos. Assim, será possível verificar o efeito dos cruzamentos na ocorrência de lignotúber. Para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste LSMeans do procedimento “*genmod*” do programa SAS (SAS, 2012).

$$E(y_{j,k}) = \exp(\mu + \tau_k + \rho_j)$$

$E(y_{j,k})$: valor esperado da variável resposta do tratamento k no bloco j ; μ : é a média geral; ρ_j : é o efeito do bloco j ; τ_k : é o efeito do tratamento k ;

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em estudos de genética e melhoramento geralmente considera-se que o genótipo é um efeito fixo em ensaios de competição e recomendação de cultivares nos quais o principal objetivo é eleger o material genético de melhor desempenho, confrontados estatisticamente, por teste de comparação de médias (CRUZ, 2004).

Os ensaios experimentais instalados nas regiões de Araraquara e de Avaré, contaram inicialmente com o plantio de 800 mudas divididas em quatro tratamentos por local, totalizando 1600 mudas. Após as primeiras avaliações ocorridas no primeiro trimestre foram observadas a mortalidade de 64 plantas em Itatinga (região de Avaré) e 29 em Boa Esperança do Sul (região Araraquara). Uma das causas dessa perda de plantas se deu ao fato do aparecimento de “cipó corda de viola” (*Ipomea sp*), que por estresse biótico levou a morte de alguns indivíduos. Este problema foi solucionado através da remoção manual dessas plantas invasoras, estabilizando o desenvolvimento normal das plantas. As análises fenotípicas e estatísticas foram realizadas de acordo com o número de plantas vivas (771 plantas em Araraquara, 736 em Avaré), totalizando 1507 plantas.

Após o plantio, que foi realizado em dezembro de 2012 com as mudas aos quatro meses de idade, foram computados os dados meteorológicos para ambos locais. Os gráficos 2 e 3 ilustram o comportamento climático de cada região:

Gráfico 2: Gráfico ilustrativo contendo dados meteorológicos entre o período de JAN/2012 a MAI/2014, para a região de Avaré/SP.

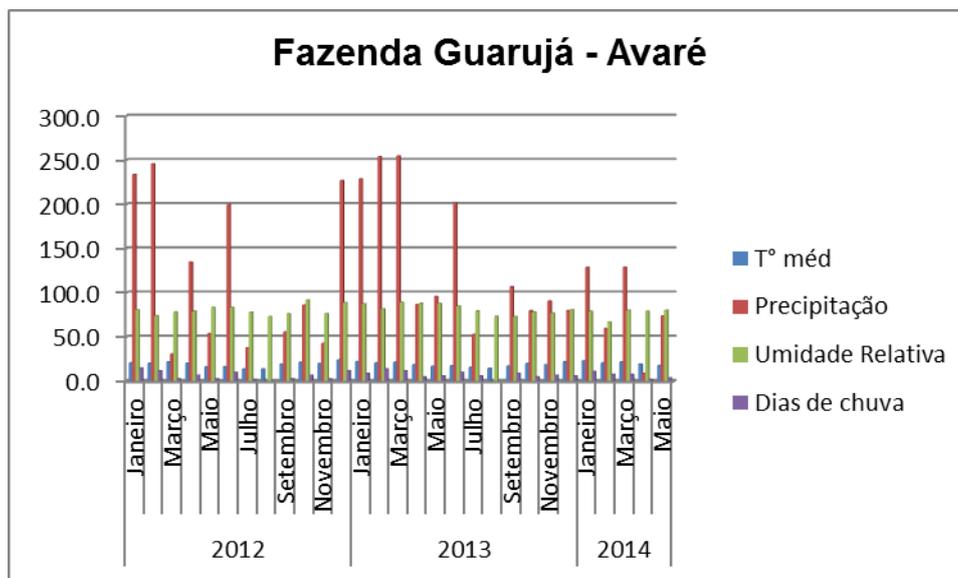
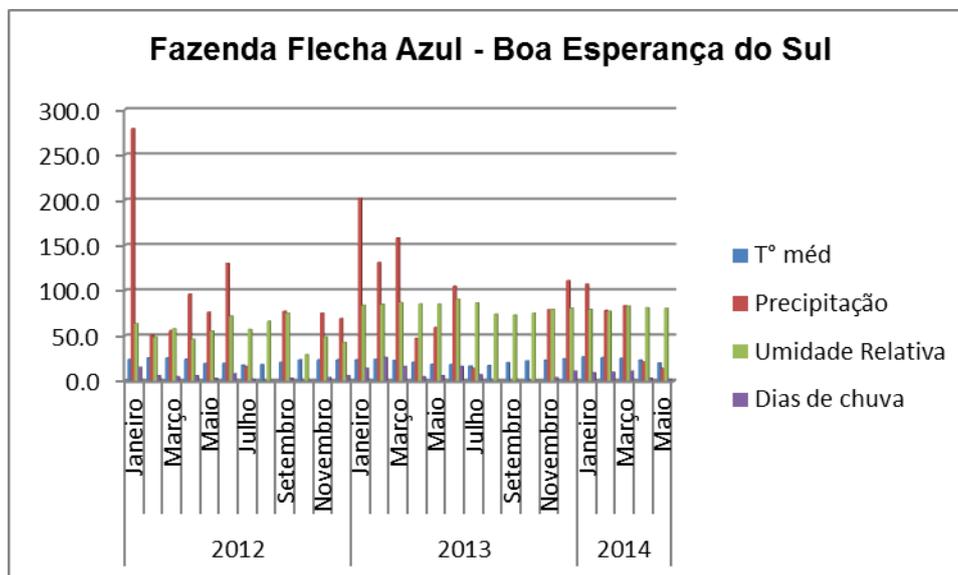


Gráfico 3: Gráfico ilustrativo contendo dados meteorológicos entre o período de JAN/2012 a MAI/2014, para a região de Araraquara/SP).



Com a intenção de salientar a diferença climática, entre os locais onde os experimentos foram instalados, foram feitas as comparações entre os dados meteorológicos de temperatura média (TM), precipitação (PREC), umidade relativa

(UR) segundo o teste estatístico ANOVA (Análise de Variância). Obtiveram significância a nível de 5%: TM (P -value=0,0007), PREC (P -value=0,0458), UR (P -value=0,0026). Por meio dos resultados obtidos é possível afirmar que os dados climáticos da Região de Avaré diferem estatisticamente dos dados coletados na região de Araraquara.

As 1507 plantas utilizadas neste experimento foram avaliadas aos 1,5 anos para medição de altura (metros), CAP (Circunferência a Altura do Peito) (cm), porcentagem de sobrevivência das plantas. Para presença/ausência de lignotúber, os dados foram coletados a cada trimestre durante esses 18 meses. Os dados calculados de média (\bar{x}) e desvio padrão (σ) para as variáveis CAP (cm) e altura (m) encontram-se na tabela 3.

Tabela 3: Médias e Desvio Padrão das variáveis altura (m) e CAP(cm), por tratamento e local, plantas aos 18 meses de idade, de *Eucalyptus spp.*

Tratamentos	Araraquara/SP		Avaré/SP	
	\bar{x} / σ		\bar{x} / σ	
	CAP	Altura	CAP	Altura
EGR	22,33±14,83	8,35±0,89	15,56±4,76	6,16±1,44
HGU	20,92±3,80	7,62±1,27	16,56±4,96	5,97±1,51
HGU x EGR	19,78±5,02	7,40±1,55	14,41±5,29	5,82±1,67
URO	19,98±4,73	6,85±1,50	14,95±6,36	5,23±1,83

EGR=*Eucalyptus grandis*; HGU=híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*; HGU x EGR=retrocruzamento do híbrido urograndis com *E.grandis*.

Pela esperança dos quadrados médios das análises de variância, foi possível estimar alguns parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais. Os resultados obtidos estão na tabela 4:

Tabela 4: Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres CAP e Altura de plantas de *Eucalyptus spp.*

Parâmetro Genético	Avaré/SP		Araraquara/SP	
	CAP	Altura	CAP	Altura
Variância dentro da parcela (σ_d^2)	26,6108	2,3330	71,0001	1,6376
Variância ambiental (σ_e^2)	0,9699	0,1180	1,0438	0,1110
Variância Genética (ϕ_g)	0,03152	0,0944	0,6834	0,3460
CV_e %	33	26	41	17
CV_g %	4	5	4	8
CV_g / CV_e	0,1192	0,1900	0,1000	0,4142

CV_e % = Coeficiente de variação experimental; CV_g % = Coeficiente de variação genético.

Os coeficientes de variação experimental (CV_e) foram de 33% e 26% para CAP e altura, respectivamente, em Itatinga. Para a região de Araraquara (Boa Esperança do Sul), os valores do coeficiente experimental foram de 41% e 17% para CAP e altura, respectivamente.

Sabendo-se que o valor do coeficiente de variação experimental expressa a precisão do ensaio, Garcia (1989) relata que os coeficientes de variação experimental para espécies florestais, em condições de campo, mesmo em valores superiores aos reportados para outras culturas, revelam boa precisão experimental, devendo ser analisados, separadamente, para cada caráter, idade, tipo e quantidade de tratamentos.

Nos experimentos florestais, as parcelas são evidentemente muito maiores do que nos experimentos com árvores frutíferas e plantas pequenas, como a laranjeira ou a mangueira, e o milho ou o feijão. Como consequência, o tamanho da parcela, que é de pequeno interesse na experimentação com plantas pequenas, torna-se de grande importância quando se passa a trabalhar com árvores.

A experimentação e a teoria demonstram que, na quase totalidade dos casos, o coeficiente de variação decresce quando aumenta o tamanho das parcelas. (PIMENTEL GOMES, 1984). Isto levou muitos experimentadores a preferir parcelas grandes, para trabalhar com coeficiente de variação menor, sem perceber que as parcelas excessivamente grandes, que acarretam necessariamente menor número de repetições, podem reduzir a precisão do experimento (PIMENTEL GOMES, 1991).

As citações acima justificam os valores de CV_e encontrados neste experimento, que consistiu em um elevado número de repetições e poucas parcelas.

Os resultados dos coeficientes de variação genética (CV_g) foram de 4% para CAP e de 5% para a altura, na região de Itatinga. Na região de Araraquara os valores de CV_g foram bem próximos, 4% e 8% para CAP e altura das plantas, respectivamente. Rocha *et al.*, (2006), estudando progênies de meios irmãos de *Eucalyptus grandis* encontraram valores de coeficiente de variação genética, para o DAP e altura iguais a 21,88 % e 12,48%, respectivamente, diferentemente do obtido neste estudo, onde a altura apresentou maior coeficiente de variação do que o caráter circunferência a altura do peito. Esses menores valores de CV_g encontrados no presente estudo podem ser explicados pela elevada pressão de seleção exercida no programa de melhoramento florestal da Empresa Suzano Papel e Celulose.

Segundo Sebbenn *et al.*, (1999) o coeficiente de variação genética é um parâmetro de grande importância em programas de melhoramento por permitir um ganho adicional pela seleção dentro de progênies. A magnitude das estimativas do coeficiente de variação genética dentro de progênies reforça a hipótese da eficiência de ganhos em trabalhos de melhoramento.

A relação entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental foi estimada para todos os caracteres, nas duas regiões onde os testes foram instalados. Essa relação foi proposta por Vencovsky (1978) e dá a proporção da variância genética em relação ao erro residual, não havendo, portanto, influência da média populacional.

Quando a relação do coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental aproxima-se de valores maiores ou iguais a um, caracteriza-se uma situação favorável para a prática da seleção (CRUZ *et al.*, 2004). Os valores encontrados neste estudo para a relação CV_g/CV_e para CAP foi de 0,119 e 0,100 para Itatinga e Araraquara, respectivamente. Para as medidas de altura, os resultados obtidos fora de 0,1900 no experimento em Itatinga e 0,4142 para as árvores plantadas em Araraquara. O valor mais alto obtido foi para o caráter altura na região de Araraquara, indicando que esta é a melhor condição para a seleção. Todavia, as estimativas da relação CV_g/CV_e foram, em geral, baixas para os caracteres, indicando alta influência do ambiente.

Com a finalidade de obter informações úteis para o melhoramento, as médias dos caracteres altura e circunferência a altura do peito dos genótipos foram comparadas por meio de contrastes estabelecidos a priori (SEARLE, 1997). A Tabela 6 fornece os elementos explicativos dos contrastes. A significância de cada contraste foi verificada pelo teste *t* bilateral de *Student* conforme exposto por Pimentel Gomes (2009).

Um dos pontos importantes deste trabalho foi a estimação da heterose e da epistasia uma vez que estas estimativas são escassas na literatura relacionada a espécies florestais (Tabela 5).

Tabela 5: Predição de heterose e epistasia para as variáveis CAP e altura em testes de progênies de *Eucalyptus spp.*

Caráter	Avaré/SP			Araraquara/SP		
	Heterose	Heterose %	Epistasia	Heterose	Heterose %	Epistasia
DAP (cm)	1,310 ^{ns}	8,58	-1,655 ^{ns}	-0,013 ^{ns}	0,04	-0,027 ^{ns}
Altura (m)	0,275 ^{ns}	4,82	-0,240 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,03	-0,147 ^{ns}

Admitindo-se $p\text{-valor}=0,05$, conclui-se através dos dados mostrados na Tabela 6, que em ambos locais e para as duas variáveis em estudo não foi encontrada significância entre as diferenças das médias dos genitores e suas progênies, não manifestando heterose em nenhum dos tratamentos estudados.

Por outro lado, a manifestação de heterose tem sido observada em vários cruzamentos. CHAPERON (1977) observou a existência de heterose para incremento volumétrico, adaptação e densidade da madeira em cruzamentos de *Eucalyptus* 12 ABL x *E. saligna* e *E. platiphylla* x *E. urophylla* feitos no Congo. Heterose tem sido verificada também em cruzamentos de *E. citriodora* x *E. toreliana* (ASSIS, 1985) e em vários híbridos espontâneos originados de cruzamentos de polinização livre (ASSIS, 1986).

Em estudos recentes conduzidos por Bison (2004), foi estimada a heterose para características de crescimento e qualidade de madeira em híbrido urograndis. O autor observou alta para o caráter de circunferência à altura do peito, indicando divergência genética entre as famílias e também a presença de dominância no controle desse caráter. Suspeita-se que os efeitos de dominância existam e possuem baixa magnitude para os caracteres de crescimento em *Eucalyptus spp.* (BORRALHO, 1997; RESENDE & RESENDE, 2000).

Foi verificado que a heterose é de alta magnitude apenas em sítios marginais para as espécies *E. grandis* e *E. urophylla*. Em sítios favoráveis a estas espécies, a superioridade do híbrido não tem sido confirmada (ELDRIDGE, 1993). Segundo Martin (1989), o vigor híbrido em eucalipto pode ser classificado como ambientalmente dependente. Talvez por esta razão não foi detectada a manifestação de heterose neste estudo, onde para cada ambiente as características edafoclimáticas foram homogêneas.

Não foi detectada manifestação significativa da interação gênica do tipo epistática. Verifica-se que, para os caracteres altura e CAP, a média das progênes praticamente equivaleu à média dos genitores, revelando a não possibilidade de seleção fenotípica para esses caracteres, provavelmente devido à alta influência ambiental (variância ambiental) manifestada na área do plantio e/ou ocorrência de interação genótipo x ambiente.

É importante ressaltar que pesquisas em eucalipto objetivando estudar o controle genético dos parâmetros silviculturais, que envolvem os tipos de interações entre os genes que conduzem tais características, são escassos na literatura. Deste modo, este estudo é importante para esclarecer a forma como os genes se comportam e de que maneira é expresso no fenótipo.

A estimativa de correlação fenotípica, que é de interesse para a obtenção de ganhos indiretos, reflete a intensidade da relação entre caracteres. Seu estudo é importante para que se conheça a influência de dado caráter na expressão de outros caracteres. Nos programas de melhoramento, geralmente, além de se objetivar o aprimoramento de um caráter principal, busca-se também manter ou melhorar a expressão de outros caracteres simultaneamente, denominado seleção indireta.

Visando verificar o grau de associação genética entre os caracteres silviculturais avaliados (altura, CAP e lignotúber) e suas implicações nas estratégias de melhoramento, foram estimados os coeficientes de correlação entre eles.

Após a obtenção das médias e desvios padrões, foram estimadas as variâncias amostrais para análise da estatística F , intencionados a verificar a significância da diferença entre as médias dos locais, para isto foi seguido o teste da homogeneidade das variâncias, atendendo a proporção 7:1 esperada (KRONKA & BANZATO, 1989). Para os dados de CAP, o valor de F_{ALT} foi de 2,63 ($p-value=0,0008$) para local. Para efeito de tratamento, o valor calculado de F_{CAP} foi 6,18 ($p-value=0,0004$), em ambos efeitos (local e tratamento) mostraram ser altamente significativos a nível de $P < 0,05$. Deste modo, pelo menos uma das médias dos tratamentos diferem entre as demais.

Tratando-se das medições de altura, o valor de F_{ALT} foi de 29,29 ($p-value=0,0016$) para efeito de local e de 46,59 ($p-value=<0,0001$) para efeito de tratamento. Como encontrado nos dados acima de CAP, ambos efeitos para altura foram altamente significativos a nível de $p-value < 0,05$, possibilitando concluir que existe ao menos um tratamento com média de altura diferente dos demais.

Tratando-se das correlações fenotípicas, não foram considerados níveis de significância estatística às estimativas, uma vez que, existe uma tendência dos melhoristas de plantas valorizarem mais o sinal (positivo ou negativo) e a magnitude dos valores encontrados na interpretação das mesmas. Desta forma, um critério utilizado consiste na valorização das estimativas de $-0,5$ e acima de $0,5$ (LOPES *et al.*, 2002).

Segundo esta linha de raciocínio e de acordo com os dados obtidos, foi estimada a correlação fenotípica entre a presença de lignotúber e o desenvolvimento das plantas (Tabela 6).

Tabela 6: Estimativas de correlações fenotípicas entre CAP e Altura x Lignotúber em quatro cruzamentos de *Eucalyptus spp*, aos 18 meses de idade, nas regiões de Avaré e Araraquara.

Tratamentos	Local			
	Araraquara		Avaré	
	CAP	Altura	CAP	Altura
EGR	-0,0408	-0,0553	*	*
<i>p</i> – valor	(0,589)	(0,4401)		
HGU	-0.1994	-0,1625	-0,1642	-0,1455
<i>p</i> – valor	(0,0050)	(0,0221)	(0,0255)	(0,0481)
HGU x EGR	0,0537	0,0422	*	*
<i>p</i> – valor	(0,4650)	(0,5623)		
URO	-0,0692	-0,0756	-0,2100	-0,1952
<i>p</i> – valor	(0,3428)	(0,2933)	(0,0038)	(0,0073)

*não ocorrência de lignotúber no local; EGR = *E. grandis*, HGU = *Urograndis*, HGU x EGR = *Urograndis* x *E. grandis*, URO = *E. urophylla*.

Os valores de correlação fenotípica encontrados para todas os caracteres mostram que na presença de lignotúber, o crescimento vegetativo é menor quando comparado com plantas que não apresentam o órgão. Segundo nossa hipótese, quando recorrente algum tipo de estresse seja ele biótico ou abiótico, algumas plantas desenvolvem o lignotúber como forma de mecanismo de defesa. Desta maneira, as plantas armazenam energia na forma de gemas dormentes e estoque de carboidratos, “economizando” no crescimento vegetativo e possibilitando seu estabelecimento após o

estresse. As plantas que não desenvolveram o lignotúber, provavelmente padecem e tentem a morrer. Entretanto esta hipótese deverá ser melhor estudada e avaliada por mais tempo nos ensaios.

Analisando os tratamentos individualizados, em plantas de *E. grandis*, a correlação não foi significativa na região de Araraquara, onde apenas uma planta apresentou o lignotúber e na região de Avaré nenhuma planta apresentou o órgão. Este resultado pode ser explicado pela não ocorrência natural do lignotubérculo na espécie, ou ocorrência de menos de 2% devido a introgressão de genes em seu centro de origem (MORI, comunicação pessoal). Esta informação explica o aparecimento do lignotúber em plantas de *E. grandis* neste experimento. Este achado diferiu quando analisamos os resultados da correlação para o híbrido urograndis, que apresentou correlação fenotípica significativa em ambos locais onde os experimentos foram instalados. Ressaltando que, por meio dos dados meteorológicos e da estatística empregada, foi confirmada diferença significativa entre os elementos climáticos, confirmando um possível estresse abiótico. Isso pode ser confirmado por Martins (2006).

Para o tratamento retrocruzado a correlação não foi significativa na região de Araraquara e não ocorreu na região de Avaré. Isto ocorre devido a maior parte do genoma deste tratamento (75%) ser proveniente de *E. grandis*.

A correlação fenotípica para o *E. urophylla*, onde o lignotúber coevoluiu com a espécie, não foi significativa para a região de Araraquara e diferindo da região de Avaré. Esse fato pode ser explicado através da ocorrência do cipó corda de viola (*Ipomea spp*) na região onde a correlação foi significativa (Avaré), tratando ser um forte indicio de estresse biótico. O que confirma a relação do lignotúber com o estresse. Na região de Araraquara, mesmo sendo este um local com elevado déficit hídrico este fator não foi determinante e o estresse não foi suficiente para causar o lignotúber nas plantas.

Pesquisas envolvendo o lignotúber e parâmetros genéticos não existem na literatura. Sendo estas informações inéditas e de grande importância na tomada de decisão a respeito do material genético a ser utilizado no local de interesse, propiciando desta forma uma maior possibilidade de sucesso no plantio comercial e incremento na produção da matéria prima.

8. CONCLUSÕES

Conforme as estimativas de correlação fenotípica é possível concluir que o lignotúber influencia negativamente as características silviculturais dos eucaliptos que apresentam esta estrutura;

O estresse biótico ocorrido favoreceu o desenvolvimento do lignotúber nos eucaliptos *urograndis*, *urograndis* x *E. grandis* e *E. urophylla*, evidenciando que existe forte relação desta estrutura com algum tipo de perturbação na planta;

A manifestação de heterose e epistasia não foi detectada nos materiais estudados. Este fato deve-se a grande pressão de seleção exercida ao longo do programa de melhoramento, e a homogeneidade dentro de cada ambiente.

Os resultados obtidos mostram que o lignotúber é uma estrutura de grande importância nas plantas e fator determinante na escolha de espécies para compor o plantio onde o estresse é alto.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. 2013. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. **ABRAF**, Brasília. 120p.

AGUIAR, A.V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênes de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.30, n. 62, p. 107-117, 2010.

AGROTECA TANABI. Disponível em: <http://www.agrotecatanabi.com.br/vendasmudas_eucalipto.html005>. Acessado em 04 de junho de 2014.

AMARAL, E. Análise Harmônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, 3(1): 7-43, 1968.

ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2 ed. CPEF: Jundiaí, 1961. 640 p.

ANGELI, A. **Identificação de espécies florestais**. IPEF: Instituto de Pesquisa Florestal, dez. 2005. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>>. Acesso em: 18 de jan. De 2015.

ASSIS, F.T. Cultura do eucalipto; melhoramento genético do eucalipto. **Inf. Agropec**, Belo Horizonte, 141:36-46, 1986.

ASSIS, T. F. **Produção de híbridos interespecíficos em *Eucalyptus spp.*** In: reunião

sobre técnicas para produção de híbridos, Piracicaba, 1987. Anais...Piracicaba, IPEF, 1987, p.2-5.

ASSIS, T. F. Production and use of Eucalyptus hybrids for industrial purposes. In: **Híbrid Breeding and Genetics of Forest trees: Proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium**, 9-14, Noosa. Brisbane: Department Industries, 63-74, 2000.

ASSIS, T. F. Melhoramento Genético de Eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.186, 1997.

ASSIS, T. F. **Estimativas de herdabilidades e correlações em progenies jovens de *Eucalyptus grandis***. Dissertação de Mestrado. 1980.

BALONI, E. A.; SILVA, A. P. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminaries. **Silvicultura**, São Paulo, v.2, n.14, p. 87-89, 1980.

BAMBER, R. K., MULLETTE, K. J. Studies of the lignotubers of *Eucalyptus gummifera* (Gaertn & Hochr) II Anatomy. **Australian Journal of Botany**, v. 26, p. 15-22. 1978.

BANZATO, D.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. FUNEP, 247p, 1989.

BARONA, M. A. A., *et al.* Epistasia para a produção de grãos em soja. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.313-318, 2009.

BENTEC SEMENTES. Disponível em: <[http://www. entecsementes.com.br/eucalipto-urograndis/](http://www.entecsementes.com.br/eucalipto-urograndis/)>. Acessado em 04 de junho de 2014.

BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, M.; RESENDE, M. D. V. Comparison between open pollinated progenies and hybrids performance in *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla*. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 55, n. 4/5, p. 192-196, 2006.

BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

BLAKELY, W. F. **A key to the Eucalypts**. 3 ed. Canberra, Forestry and Timber Bureau, 1965. 359p.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. H.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSON, R. D.; KLEINING, D. A.; McDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest Trees of Australia**. Fifth Edition. CSIRO Publishing, 736p., 2006.

BOUVET, J. M., VIGNERON, P. Variance structure in *Eucalyptus* hibrid populations. **Silvae Genetica**. Frankfurt, v. 45, n.2/3, p.171-177. 1996.

BORRALHO, N. M. G.; COTERRILL, P. P.; KANOWISKI, P. J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal. II Efficiencies of early selection. **Silvae Genética**, Frankfurt, v. 41, n. 2, p. 70-77, 1992.

- BOREM, A. **Melhoramento de plantas**. Viosa : Ed. da UFV, 1998. 1 CD-ROM, il.
- BORTOLOTO, T. M. **Caracterização de uma Região Genômica Relacionada à Característica Lignotúber em Eucalipto**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Genética) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.
- BREWBAKER, J.L. **Genética na agricultura**, São Paulo, Polígono, 1969. 217p.
- BURGESS, I. P.; BELL, J. C. Comparative morphology and Allozyme Frequencies of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *Eucalyptus saligna* Sm. **Australian Forest Research**, v.13, p.133-49, 1983.
- CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 128 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- CHATTAWAY, M.M. Bud development and lignotuber formation in eucalypt. **Australian Journal of Botany**, v.6, p. 103-115, 1958.
- CHAPERON, H. **Amelioration genetique des *Eucalyptus* hibrides an Congo Brazzaville**. In: World consultatio on forest tree breeding, 3, Canbera, 1977. 16p. (FO-FTB-77-4/27).

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1. 480 p.

DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina : Ed. UEL, 1999. xii, 820p, il

ELDRIDGE, K. **Eucalyptus Domestication and Breeding**. Claredon Press, 1994, 288p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh : Longman Group Limited, 1996. 464p.

FENNER, P. T. **Estudo descritivo de acidentes do trabalho em uma empresa florestal**. Curitiba, 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

FERRARI, M. P., FERREIRA, C. A., SILVA, H. D. **Condução de plantio de *Eucalyptus* em sistema de talhadia**. Colombo: Embrapa Florestas. 28p. 2005.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. E. T. dos. **Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. v. 1, p. 14-34.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa: Editor a UFV, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Global forest resources assessment 2000. FAO Forestry Paper. 2000. 479 p. Disponível em: <[http:// www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp](http://www.fao.org/forestry/fo/fra/main/index.jsp)>. Acesso em: 22 jan. 2015.

FORDYCE, I.R., EAMUS, D., DUFF, G.A. **Episodic Seedling growth in *Allosyncarpia ternata*, a lignotuberous monsoon rainforest tree in northern Australia**. *Austral Ecology*, v.25, 2002.

GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **Circular Técnica IPEF**, n 171, 1989. 12 p.

GONÇALVES, G. A. *et al.* Resposta na segunda rotação pela seleção efetuada na primeira, em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus grandis* Hill. **Revista Árvore**, v.21, n.3, p.337-384, 1997.

GONÇALVES, F. M. A. *et al.* Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, v.25, n.3, p.295-301, 2001.

GONÇALEZ, J. C; SANTOS, G. L; JUNIOR, F. G. S; MARTINS, I. S; COSTA, J. A. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 81-89, 2014.

GRAHAM, A.W., WALLWORK, M.A., SEDGLEY, M. Lignotuber bud development in *Eucalyptus cinerea* (F. Muell ex Benth). **Journal of Plant Science**, v. 159(6), p. 979-988, 1998.

GRATTAPAGLIA, D. BRADSHAW, H. D. Nuclear DNA content of commercially important *Eucalyptus* species and hybrids. **Canadian Journal Forest Research** 24: 1074-1078. 1994.

HOBBELINK, H. **Biotecnologia muito além da revolução verde**. Porto Alegre: Riocell, 1990, p. 109.

GRIFFIN A. R., BURGUESS, I. P., WOLF, L. patterns of natural and manipulated hybridisation in the genus *Eucalyptus* L' Herit – a review. **Australian journal of botany** 36: 41-66. 1988.

JAMES, S. (1984) Lignotubers and burls - their structure, function and ecological significance in Mediterranean ecosystems. **Botanical Reviews** 12, 225–266.

KAGEYAMA, P. Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 147f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura 'Luís de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Tese de doutorado. ESALQ, Piracicaba-SP, 125p., 1980.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênes de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden. IPEF, Piracicaba, v. 24, p. 9-26, 1983.

KERR, L.R. The lignotubers of eucalypt seedlings. **Proceedings of Royal Society Victorian**, v.37, p. 79-79, 1925.

KINGHORN, B.P. **Design of Livest Breeding Programs**. AGBU-UNE, p. 187-203. 1993.

KOCUREK, M. J., STEVENS, C. F.B. **Pulp and Paper manufacture; V.1: Properties of fibrous raw materials and their preparation for pulping**. 1997, 182p.

LAMBETH, C. C. Juvenile-mature correlations in Pinaceae and implications for early selection. **Forest Science**, Bethesda, v. 26, n. 4, p. 571-580, 1980.

LAVORANTI, O. J.; DIAS, C. T. S.; VENCOVSKY, R. Estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de progênes de *Eucalyptus grandis* via metodologia AMMI. Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 44, p. 107-124, jan./jun. 2002.

LINDMAN C.A.M. 1906. **A Vegetação no Rio Grande do Sul**. EDUSP/Itatiaia, São Paulo/Belo Horizonte.

LINS, V. S. *et al.* Variações e ganhos genéticos em progênes de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 180-186, 2001.

LOPES, A. C. A. *et al.* Variabilidade e correlações entre caracteres em cruzamentos de soja. **Scientia Agricola**. v.59, n.2, p.341-348, 2002.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2003. 368 p.

MAGNUSSEN, S. Minimum age-to-age correlations in early selections. *Forest Science*, Bethesda, v. 34, n. 4, p. 928-938, 1988.

MARCELINO, F. A. **Análise técnica e econômica da resinagem de *Pinus elliottii* Engelm var. elliottii na região de Manduri, SP. Botucatu**. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. 2004.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. Dissertação de Mestrado, São Paulo, FFLCH/USP.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les *Eucalyptus* des Iles de la Sonde. **Bois et forêts des tropiques**, v.163, p.3-25, 1975.

MARTINS, L. **Estudo do controle genético do lignotúber em *Eucalyptus sp e* desenvolvimento de marcador molecular relacionado a esse caráter**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Área de Concentração: Genética) –

Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2006.

MICHELMORE, R.W., PARAN, I., KESSELI, R.V. Identification of markers linked to disease-resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 88, p. 9828-9832, 1991.

MOLINAS, M. L.; VERDAGUER, D. 1993. Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*; Fagaceae) II. Germination and young seedling. **American Journal of Botany** 80: 182-191.

MORI, E. S. **Variabilidade genética isoenzimática em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetida a diferentes intensidades de seleção.** 1993. 119 f. Tese (Doutorado em Genética)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1993.

MOURA, V. P. G. **O germoplasma de *Eucalyptus urophylla* S.T. blake no Brasil.** [S.l.]: EMBRAPA- Recursos genéticos e biotecnologia, 2004. 12 p. (Comunicado Técnico, 111).

MULLETTE, K. J. Studies of the lignotubers of *Eucalyptus gummifera* (Gaertn e Hochr) I. The nature of the lignotuber. **Australian Journal of Botany**, v.26, p. 9-13, 1978.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series A**, 135 (3): 370–384., 1972.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas., 2011. 64 p. (Séries Documentos. 214).

PAULA, R. C., *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH, II. Eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Árvore**, v.20, n.4, p.483-493, 1996.

PAVIANI, T.I. 1977. Estudo morfológico e anatômico de *Brasilia sickii* G. M. Barroso. II: Anatomia da raiz, do xilopódio e do caule. **Revista Brasileira de Biologia** 37:307-324.

PIMENTEL GOMES, F. O problema do tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, 19 (12): 1507-12, 1984.

PIMENTEL-GOMES, F. O índice de variação, um substituto vantajoso do coeficiente de variação. Piracicaba: IPEF, 1991. 4p. (Circular Técnica, 178).

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15.ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451 p.

PRYOR, L.D.; WILLIAMS, E.R.; GUNN, B.V. A morphometric analysis of *Eucalyptus urophylla* and related taxa with descriptions of two new species. **Australian systematic botany**, v.8, p.57-70, 1995.

PRYOR, L. D.; JOHNSTON, L. A. S. **A classification of the eucalypts**. Australian National University, Canberra, Australia. 1971.

QUARIE, S.; LAZIC-JANCIC, V.; KOVACEVIC, D.; STEED, A.; PEKIC, S. Bulk segregant analysis with molecular markers and its use for improving drought resistance in maize. **Journal of Experimental Botany**, v.50, p.1299-1306, 1999.

QUOIRIN, M.; VIEIRA, R. C. Rhizogenesis and nodule formation from callus of *Eucalyptus grandis*, and *E. grandis* x *E. urophylla*. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 793-798, 1995.

REIS, G.G., REIS, M.G.F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. **Série Técnica IPEF**, v.11, n. 30, p. 9-22, 1997.

REIS, C. A. F.; PALUDZYSZYN FILHO, E. **Estado da arte de plantios com espécies de interesse para o Mato Grosso**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 63 p. (Série Documentos).

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, 1994.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 1999. p. 589-648.

RIBEIRO, F.A. **A introdução ao rebrotamento como alternativa para a manutenção da produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. Tese apresentada na Universidade de Viçosa, 108 p, 1998.

RIZZINI C.T. & HERINGER E.P. 1961. Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. **Oiton** 17: 105-124.

ROBINSON, H. F.; COCKERHAM, C.C. Estimación y significado de los parámetros genéticos. **Fitotecnia Latino Americana**, v. 2, p. 23-38, 1965.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 186f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SAS INSTITUTE. SAS: user's guide statistical version 8.0. Cary, NC, 2000.

SCARPINELLA GA, **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. São Paulo, 2002, Dissertação (exigência para obtenção do título de mestre em energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia –IEE, Universidade de São Paulo.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha de Flores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 23-32, 2003.

SEARLE, S. R. **Linear Models**. New York: Wiley e Soon, 1997. 560p.

SNEDECOR, G.W.; WILLIAM G. Cochran Statistical Methods. **The Iowa State University Press**, Ames, Iowa – 6th ed., 1974.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Estatísticas do Setor Florestal Brasileiro. São Paulo, 2007 e 2008. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 22 de jan. de 2015.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; DI DIO JUNIOR, O. J. Variação genética entre e dentro de populações de amendoim - *Pterogyne nitens*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 29- 40, 1999.

SEDGLEY, M., WIRTHENSOHN, M.G., COLLINS, G., JONES, G.P. Variability in waxiness of *Eucalyptus gunnii* foliage for floriculture. **Scientia Horticulturae**, v.82, p. 279-288, 1999.

SELN, C. C.; MITLÖHNER, R. *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake: ecology and silviculture in Vietnam. Bogor: CIFOR, 2011. 26 p. Disponível em:<http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BCIFOR1108.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2015.

SHIMIZU, J. Y., KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R. **Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais**. Colombo: EMBRAPA-URPFCS, 1982. 33 p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 11).

SOUZA, M. J. H, RIBEIRO, A, LEITE, HG, LEITE, FP, MINUZZI, RB, Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, v.30, p.399-410.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.17-31, 2004.

TAMBARUSSI, E. V. **Associação de Marcador Molecular e Desenvolvimento de marcador SCAR ao Gene Causador de Anomalia em *Eucalyptus grandis***. Monografia (Graduação). Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP, 2006. 52p.

TRABAUD, L. 1987. Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in mediterranean ecosystems. *In* J. D. Tenhunen [ed.], Plant response to stress, v. 15, 607–621. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

TYSON, M., VAILLANCOURT, R.E., REID, J.B. Determination of clone size and age in a mallee eucalypt using RAPDs. **Australian Journal of Botany**, v.46, p. 161-172, 1998.

VALOIS, A.C.C. Importância dos transgênicos para a agricultura. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 27-53, jan./abr. 2001.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. (1992). 496 p.

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

VIEIRA, F. S.; BUCSAN, B. Ocorrências naturais de *Eucalyptus urophylla* na Indonésia. **Silvicultura**, n.14, p.359-361, 1980.

ZIMBACK, L.; MORI, E. S.; BRIZOLLA, T. F.; CHAVES, R. Correlações entre caracteres silviculturais durante o crescimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 57-67, 2011.

ZOBEL, B. & TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York, John Wiley and Sons, 1984. 505p.

WHITTOCK, S.P., APIOLAZA, L.A., KELLY, C.M., POTTS, B.M. Genetic control of coppice and lignotuber development in *Eucalyptus globulus*. **Australian Journal of Botany**, v.51, p. 57-67, 2003.

WILLIAMS, J. G., KUBELIK, A. R., LIVAK, K. J., RAFALSKI, L. A., TINGEY, S.
V. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers.
Nucleic Acids Research, v. 18, p. 6, 1990.