

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES TECNOLÓGICOS DE
SEMENTES E FRUTOS DE *Eucalyptus grandis***

Ilha Solteira

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES TECNOLÓGICOS DE
SEMENTES E FRUTOS DE *Eucalyptus grandis***

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção - Linha de pesquisa: “Genética, melhoramento vegetal e propagação de plantas”.

Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan
Orientador

Ilha Solteira

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- G633d Gomes, Marcelo Augusto Balduino.
Depressão por endogamia para caracteres tecnológicos de sementes e frutos de *Eucalyptus grandis* / Marcelo Augusto Balduino Gomes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
27 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021
- Orientador: Bruno Ettore Pavan
Inclui bibliografia
1. Eucalyptus. 2. Melhoramento genético. 3. Tecnologia. 4. Polinizações. 5. Depressão endogamia.

Elaborada por Raiane da Silva Santos - CRB-8/9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES DE *Eucalyptus grandis*

AUTOR: MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Dr. ALEXANDRE MARQUES DA SILVA (Participação Virtual)

Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP

Ilha Solteira, 29 de julho de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que me proporciona a força necessária para superar a cada dia. À minha esposa amada *Mírian Oliveira Santos*, pela paciência e todo tempo dedicado a mim.

Aos meus pais (*José Gomes e Maria Aparecida*) e ao meu filho *Benjamin*.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, pela orientação, por todos os ensinamentos compartilhados, pela confiança, apoio e por contribuir para efetivação de mais uma etapa de minha vida acadêmica.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Agradeço aos professores, por contribuírem com excelência para minha formação acadêmica e aos servidores técnico-administrativos por todo suporte dado.

Aos membros da banca examinadora de defesa, Prof. Dr. Rinaldo C. de Paula, Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, Dr. Alexandre Marques da Silva.

Aos funcionários da Eldorado Brasil - Viveiro de mudas: Andradina (SP).

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FEIS/UNESP, à CAPES.

À Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp de Ilha Solteira (Fepisa).

À minha amada Família: minha mãe Maria Aparecida, meu pai José Gomes, minha esposa Mírian e meu filho Benjamin.

Obrigado a todos!!!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

"No essencial, a unidade; na dúvida, a liberdade; em tudo, a caridade."

Santo Agostinho

RESUMO

Entre os gêneros de espécies florestais importantes economicamente, o *Eucalyptus* no Brasil destaca-se devido a sua expressiva produtividade. É utilizado como matéria prima nas indústrias de papel e celulose, fonte de carvão vegetal, fabricação de móveis, pisos, revestimentos e na construção civil, dentre outros. Devido à relevância econômica do eucalipto, os programas de melhoramento genético possuem o desafio de desenvolver clones que apresentem boa produtividade, adaptação a ambientes estressantes, resistência a pragas e melhor qualidade dos diversos produtos florestais. Em consonância com os ideais supracitados, o presente trabalho propõe estudar os resultados da autofecundação dentro de uma população de *Eucalyptus grandis*, com o objetivo de fundamentar os estudos referentes à depressão endogâmica na *Eucalyptus grandis*. Para desenvolvimento do trabalho serão utilizadas matrizes *Eucalyptus grandis* implantadas em Pomar de polinização controlada no Viveiro de mudas da Eldorado localizado em Andradina - SP. Foram analisados os efeitos da autofecundação, para isso avaliou-se as sementes e frutos oriundos dos cruzamentos. Para quantificação dos resultados obtidos serão efetuadas análises por meio de programas genéticos estatísticos.

Palavras-chave: *Eucalyptus*; melhoramento genético; tecnologia; polinizações; depressão endogamia.

ABSTRACT

Among the economically important forest species, *Eucalyptus* stands out in Brazil due to its expressive productivity. It is used as a raw material in the paper and cellulose industries, as well as a source of charcoal, furniture, flooring, coatings and civil construction, among others. For its economic relevance, genetic improvement programs have the challenge of developing clones that present good or better productivity, adaptation to stressful environments, resistance to pests and better quality of the various forest products. In line with the aforementioned ideals, the present work proposes to study the results of self-fertilization within a population of *Eucalyptus grandis* kind, with the objective of supporting the studies concerning inbreeding depression in *Eucalyptus*. For the development of this work, *Eucalyptus grandis* implanted in a controlled pollination orchard in the Eldorado seedling nursery located in Andradina – SP. The effects of self-fertilization will be analyzed, and the seeds and fruits from these crosses will be evaluated. To quantify the results obtained, analyzes will be carried out by means of statistical genetic programs.

Keywords: *Eucalyptus*; genetic improvement; technology; pollinations; inbreeding depression.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo da análise de variância para caracteres tecnológicos de sementes e frutos.....	21
Tabela 2	Desdobramento do teste de médias de <i>Eucalyptus grandis</i> autofecundados e de polinização livre para caracteres tecnológicos de frutos.....	23
Tabela 3	Estimativas de depressão por endogamia (I), contribuição dos homozigotos (A) e dos heterozigotos (d*) para a média observada na população.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução da produtividade volumétrica do Gênero <i>Eucalyptus</i> no Brasil.....	14
Figura 2	Amadurecimento e polinização.....	17
Figura 3	Localização e Dimensões da área do Jardim Clonal da Eldo.....	20
Figura 4	Contagem e Armazenamento de Sementes de <i>Eucalyptus grandis</i>	20
Figura 5	Comparação de Sementes oriundas de fecundação livre e autofecundação, respectivamente.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	<i>Eucalyptus grandis</i>	13
2.2	Melhoramento florestal.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Localização e caracterização do ambiente do experimento.....	18
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Depressão por Endogamia.....	23
5	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento do cultivo florestal de espécies de grande importância econômica, abriu-se um leque de possibilidades tecnológicas a fim de promover melhorias nas condições das espécies cultivadas através do melhoramento genético. A Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) em seu relatório de 2017 declara que a área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, devido exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto.

Em seu Relatório de 2017 a IBÁ aponta que nos últimos cinco anos, a produtividade do eucalipto aumentou somente 0,2% a.a. O crescimento mais tímido tem sido atribuído ao impacto das alterações climáticas no regime de chuva de grande parte do território nacional, além do avanço do plantio para novas fronteiras florestais. Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a. O Mato Grosso do Sul tem liderado esta expansão, registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% a.a.

Dentre as espécies mais plantadas, o *Eucalyptus grandis* é a mais cultivada no país, devido aos seus inúmeros usos aliado com fatores como rápido crescimento da espécie, características silviculturais desejáveis, propriedades diversas da madeira, importância econômica e variabilidade genética grande (MIRANDA, 2012). O *Eucalyptus grandis* tem uma vasta aptidão climática, podendo ser plantado em aproximadamente 1,5 milhão de hectares, o que corresponde por 17,6% do território nacional (Garcia *et al.*, 2014), sabe-se que o *Eucalyptus grandis* pode cruzar com outras espécies, gerando híbridos, sendo que, frequentemente, é enfatizada a boa capacidade de combinação com o *Eucalyptus urophylla* (REZENDE; RESENDE, 2000; ASSIS, 2000; BAUDOUIN *et al.*, 1997; FERREIRA; SANTOS, 1997). Esses híbridos, são muito utilizados pelas empresas florestais por apresentarem grande produtividade e menor suscetibilidade a doenças, como resistência ao cancro (*Cryphonectria cubensis*) (MOURA *et al.*, 1980).

O aproveitamento dos híbridos deve-se principalmente pelo vigor apresentado por alguns indivíduos e, na maioria dos casos, pela combinação de características favoráveis das espécies parentais.

No entanto, para que aumente a probabilidade de se encontrar combinações híbridas superiores, é necessário aumentar a frequência de alelos favoráveis dentro das populações

base, que pode ser obtido via seleção recorrente intrapopulacional (MIRANDA FILHO; VIEGAS, 1987). A expectativa é de que os híbridos gerados entre os genitores com base em seus valores genéticos preditos em populações divergentes e, portanto, portadores de boa capacidade geral e específica de combinação apresentem superioridade ao longo das gerações em esquemas de seleção recorrente recíproca (ROCHA *et al.*, 2007).

Porém, os ciclos de seleção recorrente em eucaliptos são longos, o que veem desencorajando as empresas de base florestal de utilizá-la. Uma das formas de acelerar os ganhos por ciclo seletivo seria a adoção de progênies endogâmicas, que tem por vantagem a manifestação de alelos deletérios nas populações e consequentemente, eliminá-los. Para tanto, é necessário o estudo da depressão por endogamia, ou perda de vigor, o *Eucalyptus grandis*, apesar de ser uma espécie considerada alógama apresenta uma taxa de autofecundação 30%, O que leva a crer que a condução de progênies S1 é possível.

Contudo, estudos pormenorizados dos efeitos da depressão por endogamia devem ser conduzidos para melhor procedimento dentro dos programas de melhoramento da espécie, sendo que, as estimativas da depressão por endogamia possibilitam inferir a respeito da estrutura genética das populações e do tipo de ação gênica predominante no controle genético dos caracteres (GRIFFIN; COTTERILL, 1988; HARDNER; POTTS, 1995). Na cultura do eucalipto existem poucos relatos dessas estimativas

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Eucalyptus grandis*

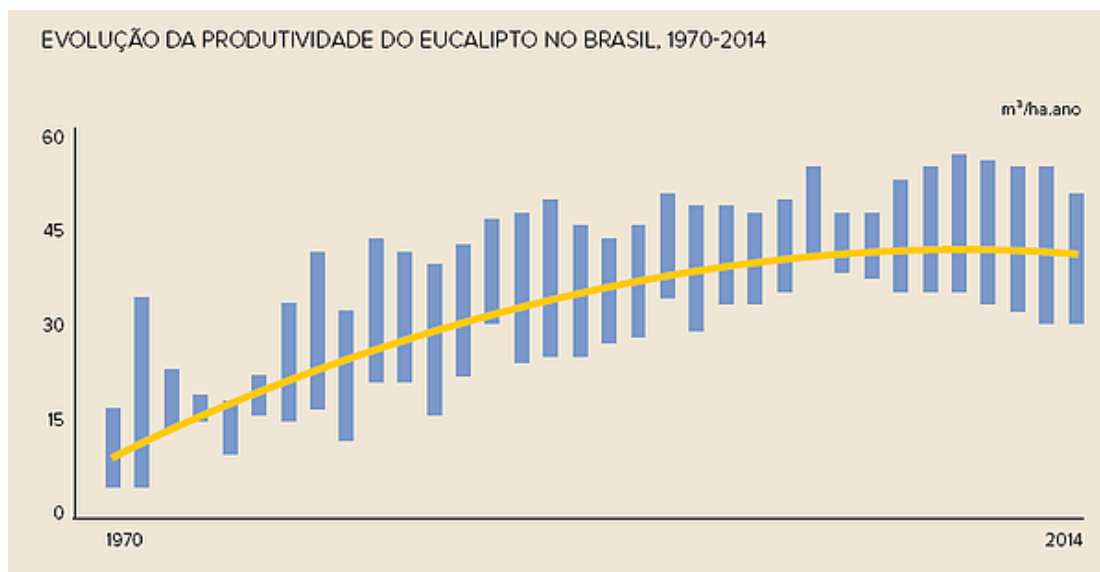
O *Eucalyptus grandis* é a espécie de eucalipto mais cultivada no país, devido aos seus inúmeros usos aliado com fatores como rápido crescimento da espécie, características silviculturais desejáveis, propriedades diversas da madeira, importância econômica e variabilidade genética grande (MIRANDA, 2012).

O Eucalipto é endêmico de regiões costeiras do leste da Austrália, de Newcastle e Coffs Harbour em New South Wales, ao leste de Gympie no sudeste de Queensland até regiões mais ao nordeste do país no planalto de Eungella a oeste de Mackey, próximo a Inghan e no planalto de Atherton, geralmente em altitudes próximas a 600 metros na região de New South Wales e sul de Queensland e de 400-1250 metros de altitude no norte de Queensland (CLARKE *et al.*, 2009). Segundo Jovanovic e Booth (2002), a espécie se encontra em regiões onde ocorre precipitação média anual por volta de 1000 até 3730 mm, temperatura média anual de 12 a 25°C, sendo a temperatura média máxima no mês mais quente de 22 a 34°C e temperatura média mínima no mês mais frio de 0 a 16°C. Nas áreas de ocorrência natural do *Eucalyptus grandis*, a estação seca varia de 0 a 6 meses (CLARKE *et al.*, 2009). Segundo Boland *et al.* (1984), os solos são aluviais ou de origem vulcânica nos vales e planícies ao longo da costa leste australiana, estendendo-se até o limite de Queensland, enquanto que mais ao nordeste, próximo ao planalto de Atherton, os solos são profundos e drenados. As procedências mais conhecidas de *Eucalyptus grandis* são Atherton e Coffs Harbour.

As primeiras introduções de espécies e procedências de eucalipto ocorreram no Brasil, logo nos primeiros anos do século XX, por Edmundo Navarro de Andrade, na ex-Companhia Paulista de Estradas de Ferro, no estado de São Paulo, a partir de 1904. Navarro de Andrade introduziu diversas espécies e procedências de Eucalipto no Horto de Rio Claro, com objetivo de identificar as melhores espécies adaptadas às condições climáticas brasileiras visando ao fornecimento de combustível e madeira para dormentes e postes para Ferrovia (FERREIRA; SANTOS, 1997; SILVA; BARRICHELLO, 2006).

Apesar da grande potencialidade da espécie, a produtividade das plantações de eucalipto vem estagnando, como pode ser observado na Figura1.

Figura 1 - Evolução da produtividade volumétrica do Gênero *Eucalyptus* no Brasil



Fonte: Latorre *et al.* (2017).

Em 2016, o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal, com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalypto, entretanto, nos últimos cinco anos, a produtividade do eucalypto aumentou somente 0,2% a.a.

Esta estagnação muito se deve pelas escolhas de métodos de seleção adotados pelas empresas florestais nos últimos anos. De forma que métodos mais eficientes de seleção devem ser encontrados.

2.1 Melhoramento florestal

No início da década de 1970, os programas de melhoramento florestal começaram a utilizar métodos de clonagem e hibridação como ferramentas para obter ganhos genéticos, assim como o uso da divergência genética entre e dentro de espécies, e procedências, associada à manifestação heterótica de híbridos (RESENDE, 2002).

Um clone corresponde a um híbrido simples, isso porque qualquer indivíduo na população segregante é oriundo da união de dois gametas, os quais, se duplicados, correspondem a duas linhagens parentais. Assim, a propagação vegetativa permite a perpetuação das melhores combinações híbridas, sem a necessidade de se obter linhagens como ocorre em outras espécies cultivadas (ANDRADE, 2002).

O período de 1980 a 1995 caracterizou-se pelo abandono das estratégias de melhoramento genético, dando-se grande ênfase à propagação clonal. Os híbridos

interespecíficos *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* passaram a receber atenção especial. Neste período, em que todos os esforços foram dedicados à estaquia, as empresas buscaram adaptar seus genótipos às novas regiões geográficas (CARVALHO; GERALDI, 2012).

O sucesso de um programa prático de melhoramento genético de espécies perenes depende quase que exclusivamente de conhecimentos do produto final de interesse, do germoplasma disponível para obtenção de tais produtos, conhecimento dos fatores ambientais que interferem na expressão fenotípica e de métodos de seleção e melhoramento, destacando-se o emprego eficiente das técnicas de genética quantitativa (RESENDE, 2002).

Com tais técnicas de melhoramento usadas ao longo dos anos, nota-se uma estagnação no crescimento do plantio de eucalipto nos últimos anos. A necessidade de novas técnicas de melhoramento talvez seja a solução para a retomada do crescimento dos últimos 5 anos no Brasil. Sabe-se que a endogamia em eucalipto, como em outras culturas, tem a característica de expor a carga genética das espécies, fazendo com que tais genes homozigóticos recessivos venham à tona, sendo identificados facilmente. O presente trabalho terá como objetivo aplicar essa técnica em trabalho com a espécie *Eucalyptus grandis* visando a seleção de indivíduos com características favoráveis ao plantio de larga escala.

Para que aumente a probabilidade de se encontrar combinações híbridas superiores, é necessário aumentar a frequência de alelos favoráveis dentro das populações base, que pode ser obtido via seleção recorrente intrapopulacional (MIRANDA FILHO; VIEGAS, 1987).

A expectativa é de que os híbridos gerados entre os genitores com base em seus valores genéticos preditos em populações divergentes e, portanto, portadores de boa capacidade geral e específica de combinação apresentem superioridade ao longo das gerações em esquemas de seleção recorrente recíproca (ROCHA *et al.*, 2007).

Sob o ponto de vista exclusivamente técnico, as análises dos cruzamentos entre as possíveis populações genitoras podem gerar informações sob a melhor forma de otimizar os ganhos genéticos. Esta análise dialélica consiste no desdobramento da soma de quadrados de tratamentos da análise de variância em efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e de recíprocos, quando esses estão envolvidos. A CGC caracteriza o comportamento médio do genitor em uma série de combinações híbridas. A CEC caracteriza o comportamento de certas combinações híbridas em relação à média dos genitores. A CGC ocorre devido à variância genética aditiva e variância epistática aditiva x aditiva, enquanto a CEC resulta da variância genética dominante e dos outros tipos de componentes de variância epistática. Por meio de simulação de dados em comparação com resultados obtidos de dialelos completos, VEIGA *et al.* (2000) concluíram que, mesmo

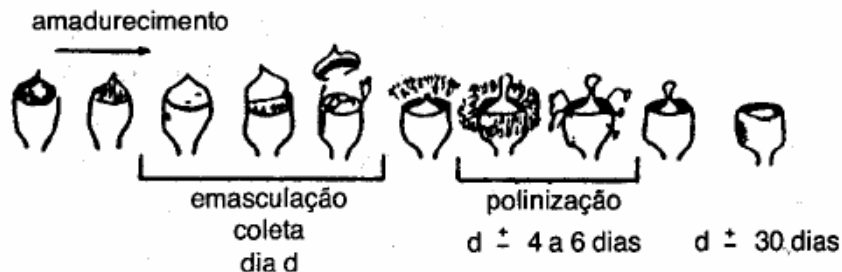
havendo baixa herdabilidade para o caráter considerado, os dialelos circulantes são tão eficientes quanto os dialelos completos tanto na e CEC, quando o número de cruzamentos (s) é pelo menos igual a metade do número de genitores envolvidos.

A hibridação controlada é uma técnica que possui inúmeras vantagens na síntese de híbridos, pois, além de proporcionar o conhecimento da capacidade geral e/ou específica de combinação das matrizes, possibilita o cruzamento entre parentais que apresentam defasagem na floração.

Entretanto, a utilização de técnicas não adequadas de coleta, transporte, extração e armazenamento de pólen pode comprometer sua viabilidade, e, conseqüentemente, dificultar a produção de híbridos interespecíficos.

A alta taxa de autofecundação e acasalamento entre indivíduos aparentados em consequência de amostragem genética à existência de um ancestral comum em gerações anteriores ou, até mesmo, a uma estratégia nos programas de melhoramento, podem acarretar na endogamia, ou seja, perda de vigor (FALCONER; MACKAY, 1996).

Figura 2 – Amadurecimento e polinização



Fonte: Potts e Gore (1995).

O acasalamento entre indivíduos aparentados provoca aumento da homozigose e decréscimo da heterozigose na descendência. Esses fatos permitem que alelos recessivos de efeito desfavorável, encobertos nos heterozigotos, se manifestem em homozigose, causando redução no valor adaptativo do indivíduo, denominada de depressão por endogamia ou perda de vigor. A quantidade ou o número desses alelos desfavoráveis são chamados de carga genética. Portanto, quanto maior a carga genética, maior a depressão por endogamia (ESTOPA, 2006).

A depressão por endogamia não ocorre de maneira similar entre os organismos. Em milho, por exemplo, o resultado de algumas autofecundações são desastrosas e podem

conduzir a extinção da variedade (PATERMIANI, 1978); em pimentão (*Capsicum annuum* L.), Singh; Singh (1976) constataram o efeito negativo da endogamia causando depressão na qualidade das sementes produzidas; e autofecundações contínuas por 10 anos em abóbora (*Cucurbita* spp.) não produziram efeitos negativos acentuados, ou seja: ocorreu apenas redução do crescimento vegetativo (LOWER; EDWARDS, 1986).

Assim, a obtenção de estimativas da depressão por endogamia possibilita inferir a respeito da estrutura genética das populações e do tipo de ação gênica predominante no controle genético dos caracteres. Na cultura do eucalipto existem poucos relatos dessas estimativas (GRIFFIN; COTTERILL, 1988; HARDNER; POTTS; GORE, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do ambiente do experimento

Para realização do presente trabalho, foram utilizadas matrizes da população base de *Eucalyptus grandis* pertencentes ao Viveiro da Eldorado Brasil, localizado na cidade de Andradina, no interior de São Paulo nas seguintes coordenadas geográficas -20.885575° - 51.357918° e altitude de 405 metros. A empresa possui numerosas progênies com conteúdo genético amplo, a El dorado trabalha com muitas espécies de Eucalipto, principalmente Eucalipto Grands, porém seu Jardim Clonal trabalha no intuito de hibridização controlada entre espécies, visando a alta produção dos componentes de interesse. A El Dorado de Andradina inicialmente possuía seu Jardim Clonal com numerosas espécies de Eucalipto em um ambiente de controle rígido, onde as progênies ficam em vasos, porém, com a ajuda de especialistas como o Professor Bruno Ettore Pavan, seus melhoristas implantaram a poucos meses, um sistema de progenes cultivadas diretamente ao solo, visando uma redução no gasto de manutenção, manejo e principalmente água.

As matrizes pertencentes ao presente trabalho são plantadas em vasos, com rigorosos sistemas de nutrição e irrigação. Esse ambiente se torna ideal para um experimento que utilize a fecundação controlada (autofecundação) e a fecundação livre, pois na empresa nos foi disponibilizado a ajuda, quando possível, de um colaborador da Empresa Eldorado para o manejo das atividades apontadas nessa metodologia. Para a obtenção de fecundação livre, o Pomar da Eldorado proporcionou uma vasta gama de diferentes pólenes, já que dezenas de árvores estavam constantemente florindo simultaneamente, elevando assim a taxa de hibridação natural feita por insetos ou menos os constantes ventos.

Foram efetuadas diversas autopolinizações por material genético e coletados o máximo de frutos de autofecundação e polinização livre com intuito de garantir número adequando de frutos e sementes para continuidade do estudo. Após a maturação fisiológica dos frutos foi efetuado a colheita de cinco repetições de quatro frutos por árvore matriz por forma de polinização obtendo 160 frutos no total do experimento. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial de 4x2 em parcelas subdividas, sendo a parcela matriz e a subparcela forma de polinização.

Após a colheita dos frutos, cada repetição com quatro frutos, foi alocada em placas de petri para secagem, à sombra em temperatura ambiente e a extração das sementes. De posse dos frutos e sementes serão avaliados os seguintes caracteres diâmetro médio dos frutos

(mm), comprimento médio dos frutos (mm), tais caracteres serão avaliados com auxílio de paquímetro digital, massa média dos frutos (g), número médio de sementes por fruto, número de sementes por grama. Todos esses procedimentos foram efetuados no Laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia dos Alimentos e Sócio Economia (DFTASE) – UNESP/FEIS.

De posse dos dados foi efetuada a análise de variância para as progênes de polinização livre e autofecundadas. Buscando detectar as causas da variabilidade entre as matrizes, se o efeito de polinização é significativo e se existe interação. Posteriormente foram estimados os parâmetros genéticos a partir das médias das progênes autofecundadas (M_1) e de polinização livre (M_0), sendo estas representadas por: $M_0 = \mu + a + d^* = A + d^*$ e $M_1 = \mu + a + 12/d^* = A + 12/d^*$, respectivamente, o que permite estimar os componentes $A = 2 M_1 - M_0$ e $d^* = 2 (M_0 - M_1)$, sendo A a média esperada de uma amostra aleatória de linhagens totalmente homozigóticas extraídas da população e d^* a contribuição total dos heterozigotos para a média da população. A depressão por endogamia é estimada por $I = M_1 - M_0$, para 50% de homozigose esperada (LIMA *et al*, 1992; MIRANDA FILHO, 1999). Após a análise inicial será efetuado teste de médias a 5% de probabilidade pelo método de agrupamento de Tukey todas as análises serão efetuadas com auxílio do programa genético estatístico Genes (CRUZ, 2013).

Figura 3 - Localização geográfica do Viveiro de Mudas da Eldorado Brasil na cidade de Andradina-SP



Fonte: Adaptado de Google Maps (2021).

Figura 4 - Localização e área do Jardim Clonal da Eldorado



Fonte: Adaptado de Google Maps (2021).

Figura 5 - Disposição geográfica das Matrizes



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 - Contagem e Armazenamento de Sementes de *Eucalyptus grandis*



Fonte: Próprio autor.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os caracteres avaliados foram significativos para matrizes no teste F a 5% e 1%, em comprimento, diâmetro e peso, sendo que para diâmetro e peso foram significativos a 1% e para comprimento foi significativo a 5% demonstrando que os mesmos dependem da variabilidade genética de matrizes de *E. grandis*. A tabela 1 mostra se os valores para matriz (M), interação (M x F) e fecundação (F) foram significativos.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para caracteres tecnológicos de sementes e frutos: Diâmetro do fruto (Diam), Comprimento de fruto (Comp), Peso e Número de sementes (N. sementes) de *Eucalyptus grandis* para Matriz (M), Polinização (P), Interação (M x F), Coeficiente de variação do erro a (CVa%) e Coeficiente de variação do erro b (CVb%)

FV	GL	Quadrados Médios			
		Comp.	Diam.	Peso	N. Sem
Matriz (M)	2	5,89*	14,72**	50,63**	1,51 ^{ns}
Erro a		0,06	0,05	0,00	4969,63
Pol (P)	1	3,15 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}
M x F	2	5,14*	3,00 ^{ns}	6,46*	1,25 ^{ns}
Erro b		0,10	0,05	0,00	2605,66
CVa%		4,50	3,51	6,55	44,67
CVb%		5,78	3,57	9,44	32,35
Média		5,57	6,32	0,07	157,81

Nota: ^{ns} para valores não significativos, * para valores significativos a 5% e ** para valores significativos a 1% pelo teste F. Fonte: Próprio autor.

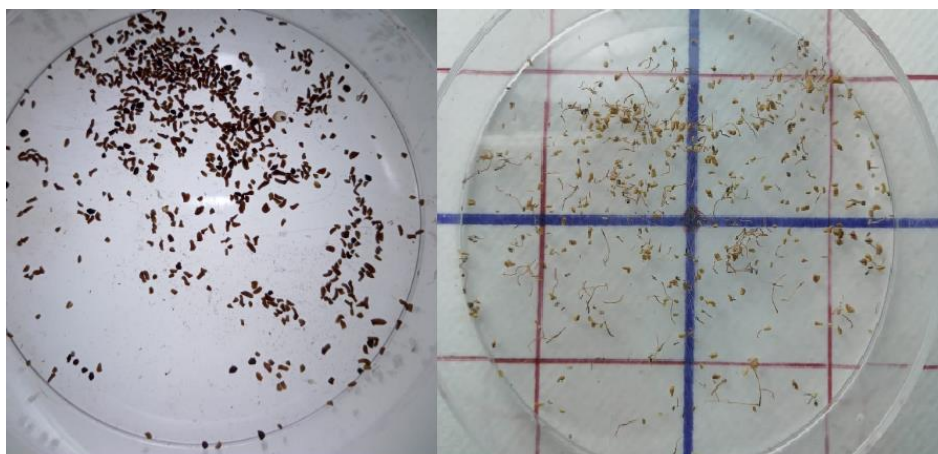
Porém, ainda em Matriz (M), o número de sementes não foi significativo assim como não foi significativo para Polinização (P) e Interação (MxF). Por sua vez a Interação (MxF) foi significativa em Comprimento e Peso e não significativo para Diâmetro e Número de sementes.

Os coeficientes de variação do erro (a) variaram de 3,51% a 44,67%, classificado como baixo para valores inferiores a 10%, como diâmetro, comprimento e peso do fruto, já o coeficiente de variação do número de sementes que foi de 34,46% foi classificado como muito alto, visto que coeficientes de variação acima de 30% possuem essa classificação. Já os coeficientes de variação do erro (b) variaram de 3,57% a 32,35%, sendo que para diâmetro, comprimento e peso do fruto a classificação implica que esses coeficientes possuíram baixa variação, o que não difere do coeficiente de variação do número de sementes que obteve o valor de 32,35%, sendo este coeficiente considerado como alto. O autor Gomes (1990),

efetuou ensaios agrícolas e em vista os valores obtidos nesses ensaios, classificou os coeficientes de variação como baixos, quando os mesmos são inferiores a 10%; médios, quando entre 10 e 20%; altos, quando entre 20 e 30%; muito altos, quando superiores a 30%.

A matriz foi significativa para todos os caracteres avaliados, com exceção do carácter número de sementes. Essa condição pode ser explicada por dois fatores: método pouco eficiente para autopolinização, com a utilização de sacos de papel para forçar a autofecundação; ou pela diferença morfológica das sementes de *Eucalyptus grandis*, mais especificamente as sementes oriundas das autofecundações, como podemos observar na Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Comparação de Sementes oriundas de fecundação livre e autofecundação, respectivamente



Fonte: Próprio autor.

Apesar de não haver significância para número de sementes, é possível observar que a Depressão Endogâmica pode ter interferido na morfologia das sementes.

No desdobramento das médias (Tabela 2) é possível observar que no comprimento de fruto a matriz 49 foi a que obteve o menor valor na autofecundação demonstrando que esta possui uma alta carga genética, em contrapartida, quem obteve o maior valor na polinização livre foi a matriz 45. Para o carácter comprimento, a fecundação livre mostra que proporciona maior crescimento dos frutos na matriz 45, enquanto no restante não é significativo a forma de polinização. Para diâmetro podemos observar que a matriz 45 continua se destacando, apresentando maior crescimento em largura em fecundação livre. Também é importante fresar que, no carácter peso, nos temos diferenças significativas entre as formas de polinização, em comparativo, tanto a autofecundação quanto a fecundação livre apresentam números semelhantes, o que indica que para essas matrizes a depressão por endogamia interfere de

maneira desproporcional, tendo maior diferença entre o tipo de polinização do que as diferenças genéticas entre as matrizes, o que pode indicar alta taxa de heterose em seus genótipos.

Tabela 2. Desdobramento do teste de médias de *Eucalyptus grandis* autofecundados e de polinização livre para caracteres tecnológicos de frutos

Matriz	Comprimento		Diâmetro		Peso		N. Sem	
	Auto	Livre	Auto	Livre	Auto	Livre	Auto	Livre
41	5,49 Aa	5,63 Ab	5,97 Ab	6,09 Ab	0,06 Bb	0,07 Ab	121,05 Aa	131,40 Aa
45	5,27 Ba	6,27 Aa	6,38 Ba	6,75 Aa	0,07 Bb	0,09 Aa	191,40 Aa	155,80 Aa
49	5,25 Aa	5,53 Ab	6,41 Aa	6,29 Ab	0,09 Aa	0,08 Aa	155,80 Aa	191,40 Aa

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Próprio autor.

A escala espacial do fluxo gênico depende de uma variedade de fatores físicos e biológicos, responsáveis por determinar a quantidade e disponibilidade dos propágulos (pólen ou sementes), movimento, viabilidade e probabilidade de polinização bem-sucedida.

Quando espécies são experimentalmente autofecundadas, apresentam forte depressão por endogamia (ELDRIDGE; GRIFFIN, 1983), no entanto, para número de sementes a depressão por endogamia é dependente da carga genética da matriz, com isso podemos imaginar que as matrizes 41, 45 e 49, têm um pool gênico mais “limpo”, ou seja, com menos heteroses ou carga gênica, pois no quesito número de sementes as matrizes não se diferiram.

4.1 Depressão por Endogamia

Nenhuma das Matrizes apresentou depressão por endogamia com elevada relevância nos critérios número de sementes apresentando, porém podemos observar que no critério (A) contribuição dos homozigotos, encontramos números interessantes nas 3 matrizes. Isso reforça a tese de que essas matrizes são genótipos de excelência, usados comercialmente e que já sofreram algum tipo de seleção ou melhoramento genético tradicional.

Tabela 3 - Estimativas de depressão por endogamia (I), contribuição dos homozigotos (A) e dos heterozigotos (d*) para a média observada na população

Matriz	Comprimento		Diâmetro		Peso		N. Sem	
	Auto	Livre	Auto	Livre	Auto	Livre	Auto	Livre
41	5,49	5,63	5,97	6,09	0,06	0,07	121,05	131,40
45	5,27	6,27	6,38	6,75	0,07	0,09	191,40	155,80
49	5,25	5,53	6,41	6,29	0,09	0,08	155,80	191,40
	5,34	5,81	6,25	6,38	0,07	0,08	156,08	159,53
A	4,86	6,13		0,66	152,63			
d*	0,95	0,25		0,01	6,9			
I	-0,47	-0,12		-0,00	-3,45			

Fonte: Próprio autor.

5 CONCLUSÃO

Os caracteres tecnológicos de sementes foram afetados de forma distinta entre as matrizes, exceto o carácter número de sementes, que, devido a uma taxa considerável de homozigose presente em seu pool gênico. Por tipo de polinização, sendo que a depressão por endogamia se manifestou com mais ou menos intensidade entre os diferentes materiais genéticos.

O carácter peso foi o mais afetado com a depressão por endogamia, o diâmetro apresentou alto número de contribuição homozigotos, demonstrando assim que essas matrizes teriam um grande potencial para melhoramento genético, já que apresentam maior ação dos alelos homozigóticos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE; L.A.; PEREIRA; I.M.; DORNELAS, G.V. Análise da vegetação arbóreo-arbustiva; espontânea; ocorrente em taludes íngremes no município de Areia- estado da Paraíba. **Revista Árvore**. Viçosa, MG; v. 26, n. 2, p. 165-172, 2002.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p. v. 2.
- LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J. B.; GALLO, P. B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 29, p. 203-215, 1984.
- RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estratégias de melhoramento para eucaliptos visando a seleção de híbridos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p.49-60, 1990.
- ROCHA, M. das D. de B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A. CRUZ, C.D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para a produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies autógamas. *In*: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 159-199.
- CARVALHO, A. D. F.; GERALDI, I. O. **Histórico do melhoramento genético de eucalipto no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2021.
- ESTOPA, R. A. **Comparação do desempenho no viveiro e no campo dos descendentes de clones de *Eucalyptus spp.* autofecundados e cruzados**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal do *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.
- GARCIA, L. G.; FERRAZ, S. F. B.; ALVARES, C. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; RIGA, R. C. V. Modelagem da aptidão climática do *Eucalyptus grandis* frente aos cenários de mudanças climáticas no Brasil. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, v. 42, p. 1, 2014.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel 1990. 468 p.
- GRIFFIN, A. R.; COTTERILL, P. P. Genetic variation in growth of outcrossed, selfed and open-pollinated progenies of *Eucalyptus regnans* and some implications for breeding strategy. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 37, n. 3/4, p. 124-131, 1988.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em:https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

JOVANOVIC, T.; BOOTH, T. Improved species climatic profiles. **A report for the Joint Venture Agroforestry Program**. RIRDC Publication No. 02/095, RIRDC, Canberra, 2002.

LATORRE, F. L.; MENDES, F.; SOARES, L.; SAMPAIO, R. A carbonização continua - carboval e a cogeração de energia. *In*: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIOS E MATÉRIAS-PRIMAS, 47., 2017, São Paulo. **Proceedings** [...] São Paulo: ABM, 2017.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIEGAS, G. P. Milho híbrido. *In*: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (ed). Melhoramento e produção de milho. **Fundação Cargil**, Campinas, v. 1, p. 277-340, 1987.

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência
MOURA, V. P. G.; CASER, R. L.; ALBINO, J. C.; GUIMARÃES, D. P.; MELO, J. T.; COMASTRI, S. A. Avaliação de espécies de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 1980. 104 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 1).

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. 650 p.

POTTS, B.; GORE, P. Reproductive biology and controlled pollination of *Eucalyptus*- a review. **Biology, Environmental Science**, [s. l.], 1995.

REZENDE, G. D. S. P.; RESENDE, M. D. V. Dominance effects in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and hybrids. *In*: **Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees**, 2000.

SANTOS, M. F. *et al.* Responses to reciprocal recurrent selection and changes in genetic variability in IG-1 and IG-2 maize populations. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 4, p. 781-788, 2005.

VEIGA, R.D. *et al.* Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1395-1406, 2000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1.