



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus grandis* X
Eucalyptus camaldulensis NO CERRADO DO NORTE DO TOCANTIS
E SUL DO MARANHÃO**

JOÃO LUCAS PACHECO MACHADO SILVA

PETROLINA, PE

2023

JOÃO LUCAS PACHECO MACHADO SILVA

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus grandis* X
Eucalyptus camaldulensis NO CERRADO DO NORTE DO TOCANTIS
E SUL DO MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IFSertãoPE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Elizângela Maria de Souza

PETROLINA – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Silva, João Lucas Pacheco Machado.

Avaliação e seleção de progênies de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* no cerrado do norte do Tocantins e sul do Maranhão / João Lucas Pacheco Machado Silva. - Petrolina, 2023.
28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2023.
Orientação: Profª. Drª. Elizângela Maria De Souza.

1. Ciências Agrárias. 2. *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. 3. Cerrado. 4. Teste de progênie. I. Título.

CDD 630

Gerado automaticamente pelo sistema Geficat, mediante dados fornecidos pelo(a) autor(a)

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO LUCAS PACHECO MACHADO SILVA

AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus camaldulensis* NO CERRADO DO NORTE DO TOCANTIS E SUL DO MARANHÃO

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IFSertãoPE Campus Petrolina Zona Rural, exigido para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 28 de novembro de 2023.

Elizângela
Maria de Souza

Assinado digitalmente por Elizângela Maria de Souza
DN: OU=IFSertãoPE, CN=Elizângela Maria de Souza, E=elizangea.maria@sertao-pe.edu.br
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2023.11.28 11:23:10-03'00'
Power Reader - Versão 10.1.0

Profª. Dra. Elizângela Maria de Souza Orientadora/Presidente
IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Gabriela Brigatti Chaves

Me. Gabriela Brigatti Chaves 2ª Examinadora/ Externa
Empresa Suzano, Melhoramento Genético de Eucalipto

Documento assinado digitalmente

gov.br

ALINE ROCHA
Data: 28/11/2023 11:36:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra. Aline Rocha 3ª Examinadora
IFSertãoPE, Campus Petrolina Zona Rural

Dedico este trabalho à minha amada avó Julia Maria Pacheco Machado, cujo amor, sabedoria e apoio constante moldaram a pessoa que sou hoje. Este TCC é dedicado a ela, uma mulher extraordinária, de inteligência única, dedicação ímpar, exemplo de amor incondicional, diligência e disciplina. Primeira a motivar-me a alcançar alturas ainda maiores.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família pelo suporte, pela paciência de sempre e por serem meus maiores incentivadores. Tenho muita sorte de ter vocês na minha vida.

À Suzano pela oportunidade de realizar esse trabalho, suporte e acolhimento, em especial a Gabi pela amizade, contribuições no trabalho, ensinamentos e principalmente pela paciência. A Gerência de Genética e Melhoramento Florestal, principalmente a minha líder Carol e meus colegas da CDS que sempre me apoiaram e me deram suporte suficiente para a produção desse trabalho na minha reta final de graduação.

Ao Instituto Federal do Sertão Pernambucano e aos professores do curso de Agronomia, pelos ricos ensinamentos passados nesse curso aquecido e iluminado pelo sol e banhado pelo velho chico.

Aos meus colegas de curso pela companhia, cumplicidade e amizade, obrigado por tornarem essa jornada mais divertida e leve.

Através dos espinhos até as estrelas.
(Pierce B)

RESUMO

A eucaliptocultura (*Eucalyptus* spp.) destaca-se na indústria florestal devido à sua elevada produtividade, versatilidade de usos e adaptabilidade a diversas condições climáticas e de solo. Nos estados do Tocantins e Maranhão, a área de florestas plantadas atinge 386 mil hectares, sendo 98% dedicados ao cultivo de eucalipto. O melhoramento genético do eucalipto é uma área em constante desenvolvimento, objetivando a seleção de indivíduos com características desejáveis, como produtividade, resistência a doenças, pragas e qualidade da madeira. O presente estudo concentrou-se em dois experimentos de progênies implantados em 2018. A seleção de famílias superiores e potenciais indivíduos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* baseou-se no Incremento Médio Anual (IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)). Os híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* demonstraram ser uma aposta promissora para o cerrado. Nos dois testes de progênies com um total de 782 árvores avaliadas aos 3,2 anos, identificaram-se 25 árvores com desempenho destacado, as quais avançarão para a fase clonal do programa de melhoramento genético da Suzano S.A. Este número é considerado significativo para o contexto de seleção realizado.

Palavras-chave: Híbridos; Köppen-Geiger AW; Teste de progênie.

ABSTRACT

Eucalypts (*Eucalyptus spp.*) stands out as one of the most important genus in the forestry industry due to its high productivity, versatility in uses, and adaptability to various climatic and soil conditions. In the states of Tocantins and Maranhão, the planted forest area reaches 386 thousand hectares, with 98% dedicated to eucalyptus cultivation. Genetic improvement of eucalyptus is a continuously evolving field, aiming to select individuals with desirable traits such as productivity, disease and pest resistance, and wood quality. The study focused on two progeny tests established in 2018. The selection of superior families and potential individuals of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* was based on Mean Annual Increment (MAI - $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$). Hybrids of *E. grandis* x *E. camaldulensis* proved to be a promising choice for the cerrado environment. In two progeny tests involving a total of 782 trees measured at 3.2 years, 25 trees exhibiting outstanding performance were identified. These selected trees will advance to the clonal phase of the genetic improvement program at Suzano S.A. This number is considered significant for the specific context of the selection process.

Keywords: Hybrid; Köppen-Geiger AW; Progeny Trial.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Barplot da performance média em IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) aos 3,2 anos de idade dos 15 tratamentos de progênies e das 3 testemunhas clonais representadas pelos tratamentos 16, 17 e 18 em ambos os testes.....21
- Figura 2: Boxplot da performance individual em IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) aos 3,2 anos de idade dos 15 tratamentos de progênies e das 3 testemunhas clonais representadas pelos 3 últimos tratamentos em ambos os testes.....23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado individuais de IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) superior a 50 nos tratamentos de progênies meio irmãos.....	23
Tabela 2 – Top 10 dos resultados individuais de IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em ambos os experimentos.....	24
Tabela 3 – Análise genética de indivíduos ao Volume Individual (m^3) aos 3,2 anos de idade dos top 14 indivíduos progênies no experimento 1.....	25
Tabela 4 – Estimativa de ganho genético individual em Volume Individual (m^3) aos 3,2 anos de idade dos top 14 indivíduos progênies no experimento 1.....	26
Tabela 5 – Análise genética de indivíduos ao Volume Individual (m^3) aos 3,2 anos de idade dos top 18 indivíduos progênies no experimento 2.....	27
Tabela 6 – Estimativa de ganho genético individual em Volume Individual (m^3) aos 3,2 anos de idade dos top 18 indivíduos progênies no experimento 2.....	28
Tabela 7 – Seleção em campo de indivíduos aos 3,2 anos de idade nos experimentos 1 e 2.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	A cultura do Eucalipto.....	15
3.2	O teste de progênies.....	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Experimento	17
4.2	Inventario	17
4.3	Tratamento de dados	17
4.4	Análise de dados	18
4.5	Ganho genético	18
4.6	Seleção	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5.1	Análises exploratórias	19
5.2	Análise estatística no experimento 1	22
5.3	Análise estatística no experimento 2	25
5.4	Seleção em campo	25
	CONCLUSÃO.....	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) assume um papel proeminente na indústria florestal devido à sua excepcional produtividade e versatilidade de usos (POLLI *et al.*, 2019). Para abastecer essa demanda crescente da indústria os estados do Tocantins e do Maranhão, possuem uma extensão de florestas plantadas que atinge notáveis 378 mil hectares de eucalipto (*Eucalyptus* spp.). Esse número corresponde a 98% da área destinada a florestas plantadas dos dois estados, conforme dados do IBGE (2021).

Segundo Martins *et al.* (2002), as espécies do gênero *Eucalyptus* possuem grande diversidade genética e adaptabilidade a diferentes regiões. Essas características são muito exploradas no melhoramento genético do eucalipto, uma área dinâmica em constante evolução. Busca-se selecionar indivíduos com características altamente desejáveis, tais como produtividade em condições edafoclimáticas específicas, resistência a doenças e pragas, além da otimização da qualidade da madeira (ALMEIDA, 2005). Este progresso contínuo, viabiliza plantios produtivos em regiões ainda não exploradas e destaca o compromisso da indústria em alcançar práticas sustentáveis e promover um setor florestal mais eficiente e resiliente.

O *E. grandis* ocorre naturalmente em regiões costeiras do leste da Austrália onde a precipitação média anual varia 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 (CLARKE *et al.*, 2009). Sendo a espécie de eucalipto mais cultivada no país, Miranda *et al.* (2012), justificam esse intenso uso pelo rápido crescimento da espécie, características silviculturais desejáveis, propriedades diversas da madeira, importância econômica e variabilidade genética grande. Mas apesar das características desejáveis o total de área recomendada para a espécie no Brasil é de 17,6% do território nacional, abrangendo as regiões sul, sudeste e centro-oeste (GARCIA *et al.*, 2014).

Em contrapartida o *E. camaldulensis* ocorre naturalmente em quase toda a Austrália continental, com exceção da costa leste, quase sempre as margens de rios perenes e intermitentes (BROOKER *et al.*, 2002). Se destaca pela capacidade de se desenvolver em solos pobres, resistência a longos períodos de seca e tolerância a

períodos chuvosos (MARTINS *et al.*, 2002). Essas características são importantes para o plantio em áreas com estações de seca e chuva bem definidas.

A classificação de Köppen caracteriza as áreas climáticas com base em critérios como temperatura e precipitação. A classificação climática Aw, por exemplo, é caracterizada por áreas de clima tropical de savana, com duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa (IPEF, 2014). É nesse ambiente que o presente trabalho tem como objetivo avaliar a performance de diferentes progênies de *E. grandis* x *E. camaldulensis* no cerrado do norte do Tocantins e sul do Maranhão importante fronteira agrícola no Brasil.

Para atingir esse objetivo, serão coletados dados de crescimento primário (altura) e crescimento secundário (diâmetro) de todas as plantas em dois locais da classificação de Köppen Aw, nos estados do Maranhão e Tocantins. Esses dados serão analisados estatisticamente, de forma a avaliar a performance das diferentes progênies de eucalipto em cada local. Espera-se que os resultados deste estudo possam contribuir para a seleção de árvores superiores com melhor adaptação às condições climáticas do local de plantio, aumentando a produtividade e a sustentabilidade da produção florestal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente estudo objetivou realizar a seleção de indivíduos potenciais de *E. grandis* x *E. camaldulensis* aos 3,2 anos de idade no cerrado do sul do Maranhão e norte do Tocantins.

2.2 Objetivos específicos

Identificar e selecionar indivíduos superiores às testemunhas em incremento médio anual (IMA – $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).

3 REFERENCIAL TEÓRICO.

3.1 A cultura do Eucalipto.

As espécies do gênero *E.*, membros da família Myrtaceae, são nativas da Austrália, Indonésia, Filipinas e Nova Guiné. Possuem flores hermafroditas e a reprodução é preferencialmente por alogamia, embora se observe um percentual de até 30% de autogamia (ASSIS *et al.*, 1996). No Brasil sua introdução aconteceu no final do século XIX, com fins ornamentais, mas logo foi ganhando espaço em pequenas propriedades, sem muito impacto econômico (VICHE, 2018).

Foi apenas a partir dos anos 60 que o eucalipto começou a ganhar forças no Brasil, fruto de políticas públicas de incentivo fiscal que visavam mitigar a exploração de florestas naturais e a implantação de florestas de crescimento rápido (Granado, 2016). Aliado a esses incentivos fiscais, foi lançado o Programa Nacional de Papel e Celulose (PNPC) em 1974, com o objetivo de estimular a produção de celulose e papel com foco em exportação (ABTCP, 2020). Cerca de cinco décadas após a criação do PNPC em 2021, a celulose alcançou a nona posição no ranking de exportações do Brasil. Em 2022, o país se destacou como o maior exportador mundial de celulose (VALOR ECONOMICO, 2023).

Cerca de 7,3 milhões de hectares são voltados a produção de eucalipto destinado a celulose, esse número equivale a 76% da área total da silvicultura no Brasil (IBA, 2022; IBGE, 2021). Do eucalipto se utiliza desde o tronco até as folhas, para diversas finalidades além de celulose e papel, incluindo cosméticos, energia e construção civil. A EMBRAPA (2022) destaca a versatilidade de uso do gênero como um dos motivos de ter se tornado a principal cultura florestal do Brasil, aliado ao rápido crescimento e os investimentos públicos e privados em pesquisa ao longo dos anos.

Apesar de anos de pesquisa, incentivos e uma constante expansão da área plantada, o eucalipto ainda é malvisto por uma parte da opinião pública, com uma reputação ainda pior que outras culturas amplamente plantadas como cana-de-açúcar e soja, com a principal alegação de prejudicar as reservas naturais de água do solo ou até secar corpos d'água. Rezende *et al.* (2011) desmistificam essas informações, comparando o consumo de água com produção de biomassa do eucalipto em detrimento de culturas com maiores áreas plantadas. Dentre as culturas do arroz, soja

e cana-de-açúcar, o eucalipto é o hidricamente mais econômico (REZENDE *et al.*, 2011).

Ainda com foco ambiental Amorim *et al.* (2021) exploram os benefícios do plantio comercial de eucalipto. Dentre eles, vale destacar a proteção do solo contra erosão, a diminuição da pressão contra as florestas nativas e a retenção de CO₂, essas últimas estão intimamente ligadas a tendências ambientais modernas de combate às mudanças climáticas.

3.2 O teste de progênies

O teste de progênies nos programas de melhoramento genético, possuem diversos objetivos como conservação genética das populações; estimação da variabilidade genética, e do valor genotípico dos indivíduos e populações avaliadas (EMBRAPA, 1982). Embora os testes de progênies atendam aos requisitos de diversos objetivos, conforme Shimizu *et al.* (1983), é recomendado que, para fins de conservação da espécie, os materiais sejam representativos, abrangendo ampla diversidade genética. Por outro lado, se o objetivo for seleção, o material testado deve ser coletado por rigorosa seleção (SHIMIZU *et al.*, 1983).

Segundo Assis *et al.* 1996, os testes de progênies são recomendados para testar a superioridade de indivíduos e famílias, além de permitir separar a possível superioridade genética do indivíduo dos fatores ambientais. Algumas estratégias de melhoramento buscam inicialmente selecionar as melhores famílias e depois os melhores indivíduos entre essas famílias, de acordo com Azevedo *et al.* (2015) a seleção não deve ser restrita as melhores famílias. Famílias com medias baixas ainda podem gerar bons indivíduos. Ao fim do teste os indivíduos superiores podem ser propagados vegetativamente em jardins clonais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em dois testes de progênies instalados em 2018 em duas fazendas da empresa Suzano S.A, localizadas nos municípios de São Bento do Tocantins – TO (teste 1) e Estreito – MA (teste 2). Foram selecionadas famílias superiores e indivíduos potenciais com base em incremento médio anual (IMA – $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$). A seleção foi conduzida de acordo com a descrição abaixo:

4.1 Experimento

Os testes de progênies foram instalados pela empresa Suzano S.A no ano de 2018, em duas fazendas distintas. O espaçamento de plantio e tratos silviculturais foram feitos de acordo com as recomendações técnicas da empresa, de acordo com as características edafoclimáticas de cada área. Os testes possuem os mesmos 18 tratamentos, sendo 15 progênies híbridas de *E. grandis* x *E. camaldulensis* e três clones testemunhas operacionais da empresa. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com parcelas lineares de cinco plantas e cinco repetições por tratamento.

4.2 Inventário

Os testes foram inventariados aos 3,2 anos, e seus dados foram disponibilizados pela empresa, contendo as informações de altura e diâmetro à altura do peito (DAP - 1,3 m do solo) de 100% dos indivíduos.

4.3 Tratamento de dados

Com base no inventario, foi calculado o volume individual das plantas, usando o modelo de Schumacher e Hall (1933), com fator de correção para operação norte da Suzano de $R^2 = 0,9901$. Juntamente com o Número de árvores por hectare (N, arv./ha), o IMA ($m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) de cada indivíduo foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{IMA} = (\text{Volume (m}^3) / \text{idade}) \times N$$

4.4 Análise de dados

Com os devidos cálculos feitos os dados foram analisados utilizando o software genético e estatístico Selegen (RESENDE, 2007) e executados com o modelo 1 para progênies de meios irmãos em espécies alógamas.

4.5 Ganho genético

Para calcular o ganho genético das progênies foi considerada a herdabilidade no sentido amplo para a variável de volume dos indivíduos, levando em conta o objetivo de clonar os melhores indivíduos. Assim considerando tanto o efeito genético aditivo predito quanto o efeito genético de dominância que juntos compõem o efeito genotípico predito, obtidos através da análise genética feita em Selegen (RESENDE, 2007).

Assim temos a certeza de estar selecionando não só os indivíduos de melhor fenótipo, mas sim aqueles com o melhor genótipo, teoricamente mais capazes de expressarem as suas boas características em outros ambientes.

Foi calculado o ganho genético em relação às testemunhas com a seguinte equação:

$$\text{Ganho\%} = (\text{valor genotípico individual} / \text{valor genotípico médio das testemunhas}) - 1$$

4.6 Seleção

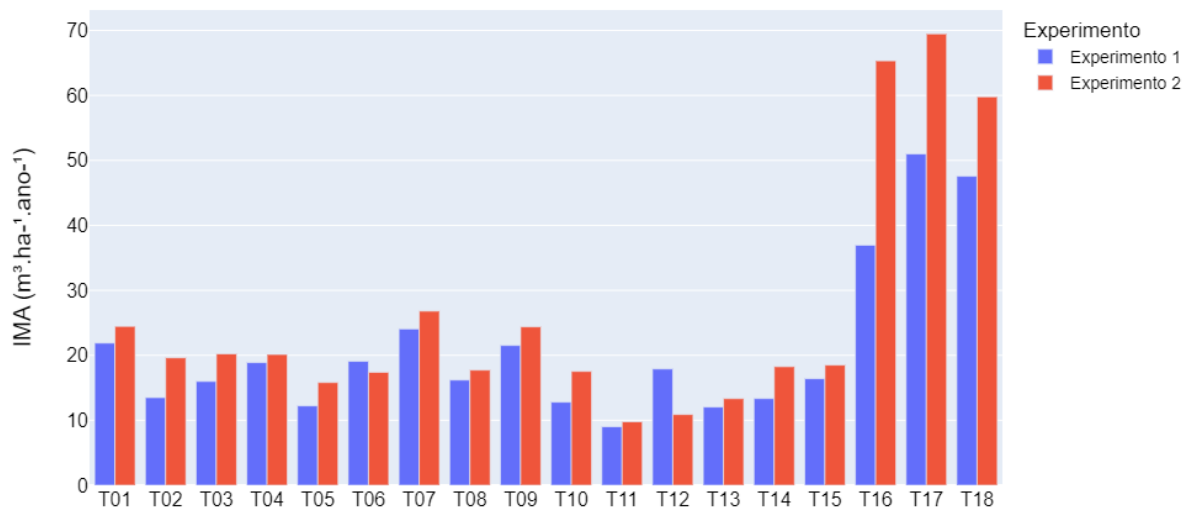
O ranking genético individual foi validado em campo através da avaliação fenotípica dos melhores indivíduos. Com base na forma do fuste e copa, sanidade e quantidade de falhas ao redor, realizou-se a seleção final dos indivíduos *in loco*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises exploratórias

As análises foram feitas para a variável incremento médio anual (IMA, $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$). A figura 1 apresenta um gráfico de barras (Barplot) das médias de IMA das 15 progêneses avaliadas e dos 3 clones operacionais usados como testemunha.

Figura 1 – Performance média em IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) aos 3,2 anos de idade dos 15 tratamentos de progêneses e das 3 testemunhas clonais representadas pelos tratamentos 16, 17 e 18 em ambos os testes.



Fonte: O autor (2023)

Como observado no gráfico, apesar de se tratar de progêneses de meios irmãos, não há diferenças médias altas entre os mesmos genótipos nos ambientes em que foram testados, com exceção do tratamento T12, cujo IMA médio no experimento 2 é de 10 IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) consideravelmente menor que do experimento 1 que tem uma média de 17 IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), muito provavelmente os melhores indivíduos do experimento 1 sobreviveram tempo o suficiente para se beneficiarem das falhas deixadas por seus meios irmãos, o mesmo não aconteceu no experimento 2.

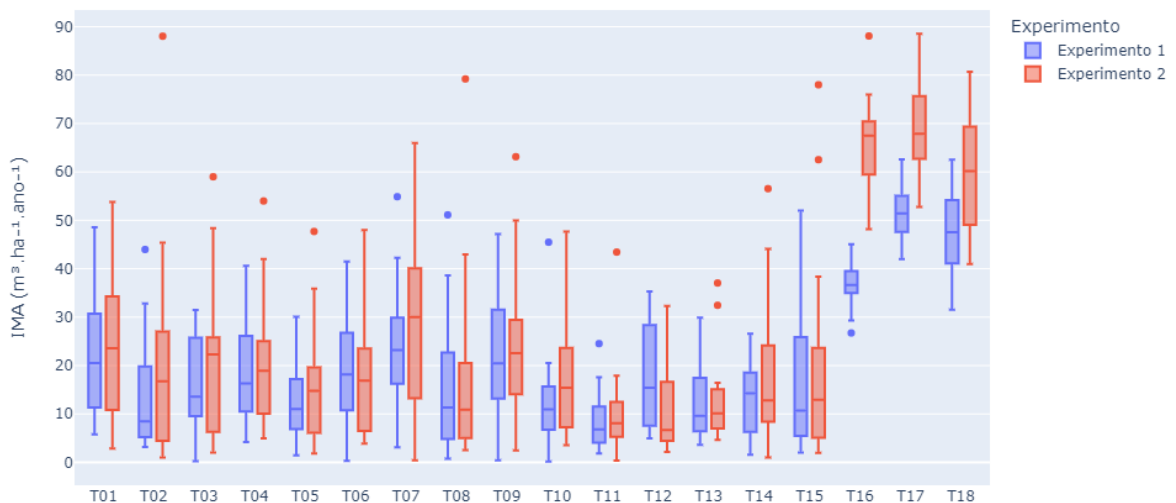
Colocando uma lupa apenas nos tratamentos de progêneses de meio irmão e traçando uma média entre os dois experimentos, os tratamentos com as melhores médias são o T1, T7 e T9 com medias de 23,4, 25,5 e 23,1 de IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)

respectivamente. O único tratamento com média abaixo a 10 IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) é o T11, comparando os resultados em uma média entre os dois experimentos como também avaliando o desempenho do tratamento de maneira isolada em cada um, nos dois cenários ele é o pior tratamento.

No geral os tratamentos de progênies meio irmãos tem um IMA médio de $17(\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1})$, já as testemunhas clonais têm uma média de $55(\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1})$. Esse resultado causado pela homogeneidade e superioridade genética dos clones testemunhas que são recomendados para essa região.

Cada árvore do teste com exceção dos clones operacionais, são indivíduos únicos, então para observar as diferenças individuais dentro dos tratamentos foi usado um diagrama de caixa (Boxplot), observado na figura 2.

Figura 2 – Boxplot da performance individual em IMA ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$) aos 3,2 anos de idade dos 15 tratamentos de progênies e das 3 testemunhas clonais representadas pelos 3 últimos tratamentos em ambos os testes.



Fonte: O autor (2023)

Na figura 2, é possível observar a superioridade das testemunhas (T16, T17 e T18) em relação aos indivíduos dos tratamentos testados. Vale destacar que, em termos de resultados, os tratamentos de progênies exibem uma maior variação interna que chega a mais de 200% no T10 o tratamento com maior variação interna, mesmo o tratamento T04 com 11% de variação interna ainda varia 5 vezes mais em comparação aos 2% de variação média dos tratamentos clonais.

No entanto, é notável que há indivíduos dentro dos tratamentos testados que se destacam com um bom desempenho como observado na Tabela 1, onde pode se constatar uma série de indivíduos seminais com um IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) superior a 50, bem próximo a média geral das testemunhas nos dois experimentos que é de 55 IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$).

Tabela 1 – Resultado individuais de IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) superior a 50 nos tratamentos de progênes meio irmãos.

Experimento	Trat.	Bloco	Parc.	Arv.	IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)
Experimento 2	T02	3	32	2	88.04
Experimento 2	T08	4	48	2	79.21
Experimento 2	T15	5	515	2	78.00
Experimento 2	T07	2	27	4	66.00
Experimento 2	T09	2	29	2	63.14
Experimento 2	T15	3	315	3	62.53
Experimento 2	T03	1	13	4	59.00
Experimento 2	T14	4	414	1	56.54
Experimento 1	T07	5	57	3	54.88
Experimento 2	T04	4	44	2	54.00
Experimento 2	T01	4	41	3	53.80
Experimento 2	T01	1	11	4	53.21
Experimento 1	T15	3	315	3	52.02
Experimento 2	T01	3	31	4	51.29
Experimento 1	T08	4	48	3	51.12
Experimento 2	T07	2	27	2	50.47

Fonte: O autor (2023)

Ao classificarmos os 10 melhores indivíduos nos dois testes na Tabela 2, identificamos a presença significativa de três indivíduos proeminentes nos tratamentos T02, classificado em terceiro lugar com aproximadamente 88 IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), T08, classificado em oitavo lugar com 79,21 IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), e T15, classificado em décimo lugar com 78 IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$). Esses resultados são bastante promissores pois reforçam o potencial dessas progênes de meio irmãos de produzirem indivíduos viáveis comercialmente.

Tabela 2 –Top 10 dos resultados individuais de IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) em ambos os experimentos.

Experimento	Rank	Trat.	Bloco.	Parc.	Arv.	IMA ($\text{m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)
Experimento 2	1	T17	1	117	5	88.53
Experimento 2	2	T16	4	416	2	88.08
Experimento 2	3	T02	3	32	2	88.04
Experimento 2	4	T17	4	417	5	83.36
Experimento 2	5	T18	5	518	2	80.69
Experimento 2	6	T18	5	518	3	79.92
Experimento 2	7	T17	5	517	1	79.63
Experimento 2	8	T08	4	48	2	79.21
Experimento 2	9	T17	4	417	4	79.16
Experimento 2	10	T15	5	515	2	78.00

Fonte: O autor (2023)

Esses exemplos individuais observados na Tabela 1 e 2 de bom desempenho trazem luz ao potencial produtivo dessas progênies como futuros clones comerciais.

5.2 Análise estatística no experimento 1

Na tabela 3 os indivíduos com maior potencial de seleção do experimento 1, foram ordenados do maior para menor, os 14 melhores indivíduos representam apenas 9 tratamentos, dos quais 5 tratamentos possuem 2 indivíduos dentre os 15 melhores do teste, demonstrando a superioridade estatística desses tratamentos em relação aos demais no experimento 1.

Tabela 3 – Análise genética de indivíduos ao Volume Individual (m^3) aos 3,2 anos de idade dos top 14 indivíduos progênies no experimento 1.

Bloco	Trat.	Árvore	Valor fenotípico (Volume m^3)	Efeito genotípico predito (Volume m^3)	Valor genotípico predito (Volume(m^3))
5	T07	3	0.1595	0.1556	0.2072
3	T15	3	0.1512	0.1435	0.1951
4	T08	3	0.1486	0.1426	0.1942
2	T01	4	0.1412	0.124	0.1756
1	T10	4	0.1322	0.1226	0.1741
2	T09	1	0.1372	0.1186	0.1702
4	T02	1	0.1278	0.1153	0.1669
4	T06	2	0.1205	0.0979	0.1494

2	T07	1	0.1229	0.0957	0.1473
2	T06	4	0.1189	0.0947	0.1463
3	T04	4	0.1181	0.0929	0.1445
2	T08	1	0.1123	0.0879	0.1395
3	T01	3	0.1142	0.0829	0.1345
4	T09	4	0.1091	0.0796	0.1312

Fonte: O autor (2023)

Na Tabela 4, os indivíduos foram classificados em um ranking de ganho genético em relação às testemunhas. Esse ranking foi determinado pela razão entre o valor genotípico médio das testemunhas e o valor genotípico de cada indivíduo, sendo posteriormente transformado em porcentagem. Estatisticamente, a seleção de qualquer indivíduo desse ranking resultaria em ganhos genéticos para a população e, conseqüentemente, em melhorias na produtividade.

Tabela 4 – Estimativa de ganho genético individual em Volume Individual (m³) aos 3,2 anos de idade dos top 14 indivíduos progênes no experimento 1.

Bloco	Trat.	Árvore	ganho
5	T07	3	60.5%
3	T15	3	51.1%
4	T08	3	50.4%
2	T01	4	36.0%
1	T10	4	34.8%
2	T09	1	31.8%
4	T02	1	29.2%
4	T06	2	15.7%
2	T07	1	14.1%
2	T06	4	13.3%
3	T04	4	11.9%
2	T08	1	8.0%
3	T01	3	4.2%
4	T09	4	1.6%

Fonte: O autor (2023)

5.3 Análise estatística no experimento 2.

Tabela 5 – Análise genética de indivíduos ao Volume Individual (m³) aos 3,2 anos de idade dos top 18 indivíduos progênes no experimento 2.

Bloco	Trat.	Árvore	Valor fenotípico (Volume(m³))	Efeito predito (Volume(m³))	genotípico	Valor genotípico predito (Volume(m³))
3	T02	2	0.252	0.3057		0.3640
5	T15	2	0.2232	0.2824		0.3407
4	T08	2	0.2267	0.2622		0.3205
2	T07	4	0.1889	0.2023		0.2606
2	T09	2	0.1807	0.1921		0.2504
3	T15	3	0.179	0.1895		0.2478
1	T03	4	0.1689	0.1769		0.2351
4	T14	1	0.1618	0.1597		0.2180
1	T01	4	0.1523	0.1449		0.2032
4	T04	2	0.1546	0.1443		0.2026
4	T01	3	0.154	0.1375		0.1958
2	T05	3	0.1365	0.135		0.1933
5	T02	2	0.1299	0.1311		0.1894
2	T07	2	0.1445	0.1306		0.1889
1	T10	2	0.1365	0.1285		0.1868
5	T14	1	0.1263	0.1282		0.1865
1	T03	2	0.1385	0.1278		0.1861
3	T01	4	0.1468	0.1265		0.1848

Fonte: O autor (2023)

Assim como no experimento 1, o experimento 2 tem um valor de média bom comparado com a produtividade dos plantios da Suzano na região, os cálculos de ganho foram os mesmos e podem ser observados na tabela 5.

Fica claro ao observar comparar as tabelas 3 e 5 que o experimento 2 possui uma média de efeito genotípico predito 32.74% maior que o experimento 1, demonstrando não só a superioridade fenotípica, mas genética, já que essas análises visam eliminar o efeito ambiental sobre os resultados.

Tabela 6 – Estimativa de ganho genético individual em Volume Individual (m³) aos 3,2 anos de idade dos top 18 indivíduos progênes no experimento 2.

Bloco	Trat.	Árvore	Ganho%
3	T02	2	99.6%
5	T15	2	86.8%
4	T08	2	75.7%

2	T07	4	42.9%
2	T09	2	37.3%
3	T15	3	35.9%
1	T03	4	28.9%
4	T14	1	19.5%
1	T01	4	11.4%
4	T04	2	11.1%
4	T01	3	7.3%
2	T05	3	6.0%
5	T02	2	3.8%
2	T07	2	3.6%
1	T10	2	2.4%
5	T14	1	2.2%
1	T03	2	2.0%
3	T01	4	1.3%

Fonte: O autor (2023)

Na Tabela 6, os ganhos em relação à testemunha foram calculados da mesma forma que na Tabela 4. Destacam-se três indivíduos na Tabela 6, apresentando ganhos superiores a 60%. São eles: a árvore 2 do tratamento T08, localizada no bloco 4, com um ganho de 75,7%; a árvore 2 do tratamento T15, localizada no bloco 5, com um ganho de 86,8%; e a árvore 2 do tratamento T02, localizada no bloco 3, com notáveis 99,6% de ganho.

5.4 Seleção em campo.

Os resultados obtidos nas análises estatísticas que determinaram o valor genotípico predito e ganho genético não são suficientes para uma seleção assertiva de indivíduos de eucalipto, inúmeros podem ser os casos de a realidade real do indivíduo não refletir seus números, a tabela 7, apresenta os indivíduos potenciais do experimento 1 e 2, se foram selecionados ou não, e comentários breves sobre os indivíduos observados em campo.

Tabela 7 – Seleção em campo de indivíduos aos 3,2 anos de idade nos experimentos 1 e 2.

Experimento	Bloc.	Trat.	Arv	Seleciona?	Defeito	Rank	Ganho%	IMA (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Experimento 2	3	T02	2	sim		1	99.60%	127.18
Experimento 2	5	T15	2	sim		2	86.80%	119.04
Experimento 2	4	T08	2	sim		3	75.70%	111.98
Experimento 1	5	T07	3	sim		1	60.50%	71.28
Experimento 1	3	T15	3	sim		2	51.10%	67.11
Experimento 1	4	T08	3	não	Fuste tortuoso	3	50.40%	66.80
Experimento 2	2	T07	4	sim		4	42.90%	91.60
Experimento 2	2	T09	2	não	Bifurcada	5	37.30%	87.49
Experimento 1	2	T01	4	sim		4	36.00%	60.41
Experimento 2	3	T15	3	sim		6	35.90%	86.58
Experimento 1	1	T10	4	sim		5	34.80%	59.89
Experimento 1	2	T09	1	sim		6	31.80%	58.55
Experimento 1	4	T02	1	sim		7	29.20%	57.41

Tabela 7 – Seleção em campo de indivíduos aos 3,2 anos de idade nos experimentos 1 e 2.

(Contínua)

Experimento	Bloc.	Trat.	Arv.	Seleciona?	Defeito	Rank	Ganho%	IMA (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Experimento 2	1	T03	4	sim		7	28.90%	82.15

Experimento 2	4	T14	1	sim		8	19.50%	76.17
Experimento 1	4	T06	2	não	Bifurcada	8	15.70%	51.39
Experimento 1	2	T07	1	não	Bifurcada abaixo do DAP	9	14.10%	50.67
Experimento 1	3	T04	4	sim		11	11.90%	49.71
Experimento 2	1	T01	4	sim		9	11.40%	71.00
Experimento 2	4	T04	2	sim		10	11.10%	70.79
Experimento 1	2	T08	1	sim		12	8.00%	47.99
Experimento	Bloc.	Trat.	Arv.	Selecionadas?	Defeito	Rank	Ganho%	IMA (m³.ha⁻¹.ano⁻¹)
Experimento 2	4	T01	3	sim		11	7.30%	68.41
Experimento 2	2	T05	3	sim		12	6.00%	67.54
Experimento 1	3	T01	3	sim		13	4.20%	46.27
Experimento 2	5	T02	2	sim		13	3.80%	66.18
Experimento 2	2	T07	2	sim		14	3.60%	66.00
Experimento 2	1	T10	2	sim		14	2.40%	65.27
Experimento 2	5	T14	1	não	Bifurcada	15	2.20%	65.16

Tabela 7 – Seleção em campo de indivíduos aos 3,2 anos de idade nos experimentos 1 e 2.

(Conclusão)

Experimento	Bloc.	Trat.	Arv.	Seleciona?	Defeito	Rank	Ganho%	IMA (m³.ha⁻¹.ano⁻¹)
--------------------	--------------	--------------	-------------	-------------------	----------------	-------------	---------------	---

Experimento 2	1	T03	2	sim		16	2.00%	65.02
Experimento 1	4	T09	4	não	Torta	14	1.60%	45.13
Experimento 2	3	T01	4	não	Torta	17	1.30%	64.57

Fonte: O autor (2023).

Ao final da seleção podemos calcular a intensidade de seleção em aproximadamente 1:12, uma intensidade considerada elevada. Segundo Resende *et al.* (1994), recomendam uma intensidade de 1:25 para experimentos com cinco plantas por parcela e com cinco repetições, mas a taxa de seleção final está na média da região em que os testes foram desenvolvidos.

No Experimento 1, os indivíduos não selecionados foram: a árvore 3 do tratamento T08, do bloco 4, devido ao fuste torto; a árvore 2 do tratamento T06, do bloco 4, por apresentar bifurcação; a árvore 4 do tratamento T09, do bloco 4, devido à torção; e a árvore 1 do tratamento T07, do bloco 2, pela bifurcação. No Experimento 2, os não selecionados foram: a árvore 2 do tratamento T09, do bloco 2, devido à bifurcação; a árvore 1 do tratamento T14, do bloco 5, pela bifurcação; e a árvore 4 do tratamento T01, do bloco 3, devido à torção. Essas árvores apresentavam em campo características indesejáveis mais acentuadas, como bifurcações e tortuosidades que segundo Resende *et al.* (2001) são sinais de uma interação negativa com o ambiente além de serem características que complicam a colheita mecânica e por isso não foram selecionadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indivíduos híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* são uma aposta para o ambiente do cerrado. Em dois testes de progênie com o total de 782 árvores medidas aos 3,2 anos, foram selecionadas 25 árvores que seguirão para a fase clonal do programa de melhoramento genético da Suzano S.A. O número de indivíduos selecionados é considerado bom para uma região de fronteira para a eucaliptocultura em que foram selecionadas, indicando o potencial desse cruzamento. Urge a

necessidade de avançar as gerações e conduzir novos experimento para conhecer melhor esse potencial.

REFERÊNCIAS

ABTCP - Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. *Eucalyptus grandis*. **Sustentabilidade como fator de competitividade para o setor brasileiro de celulose e papel**. São Paulo, SP, 2022. Disponível em: <https://www.sinpacel.org.br/informativos/2020/732/sustentabilidade-como-fator-de-competitividade.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

AZEVEDO, L. P. A.; Costa, R. B.; Martinez, D. T.; Brondani, G. E.; Baretta, M. C.; Ajala, W. V. **Seleção genética em progênies de Eucalyptus camaldulensis em área de cerrado matogrossense**. Ciência Rural. Guaíba, RS, v.45, n.11, p.2001-2006, nov.2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/c3RFvJNp3DHqfGWfVhZzchz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 jun.2023.

BROOKER, M.I.H., Connors, J.R., Slee, A.V. and Duffy, S. (2002) **EUCLID: eucalypts of southern Australia** (CD Rom), CSIRO Publishing, Collingwood.

CALSAVARA, Renan. *Eucalyptus grandis*. **Teste de Uso Múltiplo do Eucalyptus – TUME**. Piracicaba, SP, jan. 2016. Disponível em: <https://www.projetotume.com/grandis>. Acesso em: 06 jun.2023.

CLARKE, B.; McLeod, I.; Vercoe, T. **Trees for farm forestry: 22 promising species**, RIRDC Publication No. 09/015. RIRDC, Canberra, 2009.

DE AMORIM, V. S. S.; MONTEIRO, K. M. S.; SOUSA, G. O.; DAMASCENA, J. F.; PEREIRA, J. A.; MORAES, W. S. **Os Benefícios Ambientais do Plantio de Eucalipto**: Revisão de Literatura. Research, Society and Development Journal. Vargem Grande Paulista, SP, v. 10, n.11, p. 19, set. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19604/17569>. Acesso em: 06 jun.2023.

DE ASSIS, T. F.; **Melhoramento Genético do Eucalipto**. Eucalyptus Online Book & Newsletter. Guaíba, RS, v. 1, n. 1, p. 1-35, 2005. Disponível em: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2005_Melhoramento+Genetico+Eucalipto.pdf. Acesso em: 06 jun,2023.

DE VECHI, A.; JÚNIOR, C. A. O. M. **Aspectos Positivos e Negativos da Cultura do Eucalipto e os Efeitos Ambientais do seu Cultivo**. Revista Valore - Faculdade Sul Fluminense. Volta Redonda, RJ, v. 3, p. 495-507, jan/jun. 2018. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/101/117>. Acesso em: 06 jun.2023.

RESENDE, M. D. V.; JUNIOR, M. F. **Bifurcação e Quebra de Copa em Eucalipto: Efeitos Genéticos, Ambientais e Silviculturais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2001. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17073/1/doc63.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

EMBRAPA FLORESTAS. Sistemas de Produção. **Estimação De Valores Genéticos No Melhoramento De Eucalyptus: Seleção Em Um Caráter Com Base Em Informações Do Indivíduo E De Seus Parentes**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2009. Disponível em: </digital/bitstream/CNPF-2009-09/4908/1/mresende.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

EMBRAPA FLORESTAS. Sistemas de Produção. **O Eucalipto**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferecia-de-tecnologia/eucalipto>. Acesso em: 06 jun.2023.

EMBRAPA FLORESTAS. Sistemas de Produção. **Cultivo da Grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2004. Disponível em: https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Grevilea/CultivodaGrevileaSulSudeste/06_2_teste_de_progenie_Link2.htm. Acesso em: 06 jun.2023.

EMBRAPA FLORESTAS. **Transferência de Tecnologia Florestal**. Perguntas e Respostas. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferecia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 06 jun.2023.

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. Relatório 2019. São Paulo, SP: IBA, 2023. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

IBGE. Agência de Notícias IBGE. **Valor de produção da silvicultura e da extração vegetal cresce 27,1% e chega ao recorde de R\$ 30,1 bilhões**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2022. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/35056-valor-de-producao-da-silvicultura-e-da-extracao-vegetal-cresce-27-1-e-chega-ao-recorde-de-r-30-1-bilhoes#:~:text=Em%202021%2C%20houve%20redu%C3%A7%C3%A3o%20de,usado%20na%20ind%C3%BAstria%20de%20celulose>. Acesso em: 06 jun.2023.

MARTIS, I. S.; PIRES, I. E.; DE OLIVEIRA, M. C. **Divergência Genética em Progenies de uma População de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh**. Floram – Floresta e Ambiente. Rio de Janeiro, RJ, v. 9, n.1, p. 81-89, jan/dez. 2002. Disponível em: <https://www.floram.org/article/588e21fee710ab87018b45de/pdf/floram-9-%C3%BAnico-81.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

PAINE, T.D.; STEINBAUER, M. J.; LAWSON S. A. **Native and Exotic Pests of Eucalyptus: A Worldwide Perspective**. Annual Review of Entomology – Annual Review s. San Mateo, CA, EUA, v. 56, p. 181-201, jan. 2011. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-ento-120709-144817>. Acesso em: 06 jun.2023.

REZENDE, L. V. B.; CAMELLO, T. C. F.; REBELO, L. P. **O Eucalipto Resseca o Solo? Mito ou Verdade?** *Revista Internacional de Ciências – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)*. Rio de Janeiro, RJ, v. 1, n. 1, p. 1-19, 2011. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/3626/2530>. Acesso em: 06 jun.2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Florestas Plantadas**. Brasília, DF: SNIF, 2023. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/florestas-plantadas>. Acesso em: 06 jun.2023.

SHIMIZU, J. Y.; KAGEYAMA, P. Y.; HIGA, A. R. **Procedimentos e recomendações para estudos de progênies de essências florestais**. EMBRAPA-URPFCS. Curitiba, PR, v. 11, n. 1, p. 1-33, ago. 1982. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17018/1/doc11.pdf>. Acesso em: 06 jun.2023.

REVISTA AGRONEGÓCIO VALOR ECONÔMICO: **Celulose tem um novo líder**. Valor Econômico. São Paulo, SP.2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/revista-agronegocio/noticia/2023/07/31/celulose-tem-um-novo-lider.ghtml>. Acesso em: 06 jun.2023.