



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**DESEMPENHO DE CLONES DE *EUCALYPTUS* SPP. EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS EM BRASÍLIA-DF**

Walmir Mesquita Nogueira Filho

Brasília, 09 de dezembro de 2023.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



Departamento de Engenharia Florestal - EFL

Universidade De Brasília - UnB

Faculdade De Tecnologia - FT

DESEMPENHO DE CLONES DE *EUCALYPTUS* SPP. EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS EM BRASÍLIA-DF

Walmir Mesquita Nogueira Filho

17/0158411

Orientador: Prof. Dr. Eder Pereira Miguel

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília, 09 de dezembro de 2023.

FICHA CARALOGRÁFICA

MESQUITA NOGUEIRA FILHO, WALMIR

Desempenho de clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes espaçamentos em Brasília-DF, 2023. 37p. (EFL/FT/UnB, Engenheiro, Engenharia Florestal, 2023).

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília.
Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal.

1. Espaçamento. 2. Volumetria. 3. Densidade Populacional. 4. Análise Fatorial.

I. Pereira Miguel, Éder, orientador EFL/FT/UnB.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FILHO, W. M. N. (2023). Desempenho de clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes espaçamentos em Brasília-DF. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 37 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Walmir Mesquita Nogueira Filho.

TÍTULO: Seleção de Clones e Espaçamento de *Eucalyptus* sp. Para Plantios Comerciais no Distrito Federal.

GRAU: Engenheiro.

ANO: 2023.

Concedo à Universidade de Brasília-UnB permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Conclusão de Curso e para emprestá-las somente para propósitos acadêmicos e científicos. Reservo outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Trabalho de Conclusão de Curso pode ser reproduzida sem autorização por escrito.

Walmir Mesquita Nogueira Filho

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu avô, por ter me dado todo o suporte ao longo da vida acadêmica que tive, pelos ensinamentos, experiências e pela influência em minha vida.

Agradecimento aos meus pais, Cláudia e Walmir, pelo suporte, apoio, lições, conselhos e pela força em me formar e na construção da pessoa que sou hoje. Obrigado por tudo, amo vocês.

Agradecimento a minha família que sempre esteve comigo, tanto nos momentos de estresse quanto em momentos de paz. Também agradeço por me ensinarem a dar o valor à vida do jeito como ela é, mesmo diante de todos os problemas que passamos.

Agradeço aos meus amigos Breno, Carol, João, Júlia, Giovana, Luiz, Marcus Vinícius, Marcos, Rômulo, Thales, Joás, Pedro e Vitória por estarem por perto ao longo dessa jornada, principalmente em momentos de ansiedade e estresse.

Agradeço aos meus amigos de faculdade Alexandre, Laryssa, Pietro, Rebeca, Aryelle, Karen, Mariana, Yohana, João Victor, André, João Marcelo, Tainah, Yago, João Pedro, Pedro Paulo, Rafinha, Jéssica, e muitos outros que não caberão aqui por todos os momentos vividos ao longo da academia, com certeza foi um dos melhores momentos da minha vida e vou lembrar com carinho tudo isso. Um agradecimento especial ao Nicolau, por me ajudar com as imagens do meu TCC.

Ao meu orientador Éder, pela disponibilidade em 2021 de me garantir um PIBIC e estar inserido na área da pesquisa, pelas saídas de campo, pela saída de campo em Tocantins, lugar o qual aprendi muito e principalmente pela orientação neste TCC, a qual consistiu em conselhos e conversas essenciais para minha formação pessoal e profissional. Sou muito grato por ter trilhado este processo contigo.

Agradeço a professora Juscelina Arcanjo e o professor Mauro pela disponibilidade e estarem presentes na minha banca.

Agradecimento aos amigos que fiz ao longo do projeto de extensão da Beija-Fal.

Agradecimento aos amigos que fiz ao longo da empresa júnior ECOFLOR, e por todas as oportunidades que a empresa me proporcionou ao longo desta jornada.

Agradecimento aos amigos que fiz ao longo do estágio na NOVACAP, Camila, Hélio, Vitor, Amanda, Bia e Evellyn.

Agradecimento à Universidade de Brasília por proporcionar aulas, atividades, eventos e memórias maravilhosas sobre este lugar, além das oportunidades promovidas pela academia.

RESUMO

A produção florestal está atrelada ao planejamento, ordenamento e o uso da madeira dos povoamentos florestais, assim, a implantação das práticas silviculturais, aliada à escolha do material genético visam a otimização da produção volumétrica a fim de atender a demanda nacional e internacional. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade dos híbridos clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (GG100 e AEC 1528) sob espaçamentos distintos (3x2 m e 3x3 m) a fim de avaliar sob quais condições haverá maior produtividade. O ensaio foi conduzido em Brasília-DF, na Fazenda Água Limpa na Universidade de Brasília e foi realizado por um arranjo em esquema de análise fatorial utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em 2 fatores (clone x espaçamento), com 4 repetições por arranjo. Os dados coletados e mensurados de diâmetro a altura do peito (DAP) e volume são referentes aos 48 meses de idade do plantio. Utilizou-se os testes de Bartlett, Shapiro-Wilk a fim de identificar se os dados atendem os pressupostos da análise de variância, para enfim utilizar o teste de Tukey para comparar as médias encontradas. Ao término da pesquisa observou-se que as variáveis DAP e volume apresentaram diferenças significativas considerando o nível de significância $\alpha = 0,05$. Portanto, o material genético e o espaçamento influenciam diretamente na produtividade do plantio florestal, constatando-se que para o presente estudo a implantação do clone GG100, sob espaçamento 3x2 m é a recomendada, visto que se destaca frente aos demais em questões volumétricas.

Palavras-chave: Cerrado, Implantação, floresta plantada, volumetria.

ABSTRACT

Forest production is linked to planning, management, and the use of wood from forest stands. The implementation of silvicultural practices, coupled with the choice of genetic material, aims to optimize volumetric production to meet both national and international demand. Thus, the present study aims to assess the productivity of clonal hybrids of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (GG100 and AEC 1528) under different spacings (3x2 m and 3x3 m) to determine under which conditions higher productivity is achieved. The trial was conducted in Brasília, DF, at Fazenda Água Limpa, University of Brasília, using a factorial arrangement in a completely randomized design (CRD) with 2 factors (clone x spacing) and 4 replications per arrangement. Data on diameter at breast height (DBH) and volume were collected and measured at the age of 48 months from planting. Bartlett and Shapiro-Wilk tests were employed to assess whether the data met the assumptions of analysis of variance. Subsequently, Tukey's test was applied to compare the means. At the end of the research, it was observed that the variables DBH and volume showed significant differences at a significance level of $\alpha = 0.05$. Therefore, genetic material and spacing directly influence forest planting productivity, and for this study, the implementation of the GG100 clone with a spacing of 3x2 m is recommended, as it outperforms others in volumetric aspects.

Palavras-chave: Cerrado, implementation, planted forest, volumetrics.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1. Área de Estudo	12
2.2. Material Genético	13
2.3. Delineamento Experimental	14
2.4. Coleta de dados.....	16
2.5. Análise Estatística	17
3. RESULTADOS	19
4. DISCUSSÕES.....	30
4.1. Análise da variável dendrométrica volume	30
4.2. Análise da variável dendrométrica diâmetro	31
5. CONCLUSÃO	33
6. REFERÊNCIAS	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização geográfica da área de estudo.	13
Figura 2. Croqui da instalação de experimento dos clones GG100 (Clone A) x AEC 1528 (Clone B).	15
Figura 3. Foto aérea obtida por drone da área de estudo.	16
Figura 4. Crescimento volumétrico dos diferentes clones em diferentes espaçamentos ao longo dos 4 anos.	21
Figura 5. Crescimento diamétrico dos diferentes clones em diferentes espaçamentos ao longo dos 4 anos.	25
Figura 6 - Análise das curvas de ICA x IMA para a variável volume.	28
Figura 7 - Curva de Produção Volumétrica para os clones GG 100 e AEC 1528.	29
Figura 8 - Crescimento dos clones GG 100 e AEC 1528 para a variável diâmetro.	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura da análise de variância (ANOVA) para experimentos fatoriais delineado de forma inteiramente casualizado.....	18
Tabela 2 - Sobrevivência do plantio aos 48 meses de idade de 2 híbridos clonais no Distrito Federal.....	20
Tabela 3 - Produção volumétrica por parcela, produção total, média, mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e variância do DIC.....	20
Tabela 4 - Síntese da produção volumétrica (m ³ /ha) para os diferentes clones.....	21
Tabela 5 - Produção em m ³ /ha ao longo dos 4 anos e diferença percentual entre os anos interiores.....	22
Tabela 6 - Valores totais da produção volumétrica por Clone e Espaçamento.....	22
Tabela 7 - Resumo da análise de variância realizada sobre a variável dendrométrica volume para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 48 meses de idade.....	23
Tabela 8 - Valores médios e teste de comparação realizado para o volume em função dos espaçamentos e clones aos 48 meses de idade.....	23
Tabela 9 - Dados diamétricos por parcela, produção total, média, mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e variância.....	24
Tabela 10 - Síntese dos dados diamétricas nos diferentes clones.....	25
Tabela 11 - Diâmetro (cm) ao longo dos 4 anos e diferença percentual entre os anos anteriores.....	26
Tabela 12 - Valores totais do diâmetro por Clone e Espaçamento.....	26
Tabela 13 - Resumo da análise de variância realizada sobre a variável diâmetro para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 48 meses de idade.....	27
Tabela 14 - Valores médios e teste de comparação realizado para o diâmetro em função dos espaçamentos e clones aos 48 meses de idade.....	27

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, cerca de 9,94 milhões de hectares são dedicados às florestas plantadas. Desse total, aproximadamente 7,6 milhões de hectares são destinados ao cultivo de eucalipto, 1,9 milhão de hectares são voltados para o pinus, enquanto cerca de 0,4 milhão de hectares são alocados para outras culturas (IBÁ, 2023). Conforme o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF), a área de floresta do Brasil equivale a 58,5% do seu território, cobrindo uma área de aproximadamente 497.962.509 hectares, e deste total, 98% correspondem a florestas naturais enquanto apenas 2% são de florestas plantadas.

Os plantios de eucalipto estão predominantemente concentrados nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, sendo que o estado de Minas Gerais lidera com a maior área plantada, representando 29% do total. Em seguida, Mato Grosso do Sul detém 15% da área plantada, e São Paulo contribui com 13% (IBÁ, 2023). A presença de florestas plantadas no Distrito Federal é pequena, totalizando aproximadamente 2.000 hectares, compostos principalmente pelo gênero *Eucalyptus* spp. (IBÁ, 2023)

O início de uma escassez de madeira, em função do aumento da demanda começou a ser visto no início de 2020, com a elevação do preço médio do metro cúbico para os diferentes usos da madeira de eucaliptos, ultrapassando 50% nos dias atuais de aumento no preço nos últimos três anos (FAMASUL, 2023). Portanto a expansão das plantações de eucalipto se torna cada vez mais atraente, todavia é necessário o emprego de estratégias eficientes, as quais são obtidas por meio da otimização de técnicas e práticas silviculturais somadas a melhoria dos materiais genéticos, principalmente o processo de clonagem e hibridação (FERNANDES et al., 2018).

No estabelecimento de plantios florestais, a escolha da espécie a ser plantada é a primeira etapa a ser atendida para o sucesso do empreendimento, as quais devem sempre levar em consideração as condições edafoclimáticas (solo e clima), assim como a demanda dos produtos na região. Cada espécie tem o seu ambiente adequado e, por essa razão é indicado a realização de testes para investigar a adaptação dos diferentes genótipos aos diferentes ambientes associados para diferentes espaçamentos.

As espécies do gênero eucalipto possuem rápido crescimento, alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas adversas e alto potencial de uso madeireiro para serraria, indústria de celulose e papel, biomassa, construção civil, laminados e acabamentos, tais fatores, assim como o melhoramento do material genético ao longo dos anos são determinantes para estabelecer o gênero *Eucalyptus* como ideal para cultivo (PORFÍRIO, 2018; MARCOLINO, 2010; CÔRREA, et. al., 2020).

O aumento na produtividade dos povoamentos de eucalipto ao longo dos anos no Brasil é notório, em 2014 a produtividade era de 35,8 m³/ha/ano, já em 2021 foi de 38,9 m³/ha/ano, este aumento resulta em melhoria social e econômica, tendo em vista que os indicadores de renda per capita dos municípios onde estão instaladas indústrias florestais aumentam nestas regiões (IBÁ, 2023).

Assim, novos estudos têm sido realizados a fim de atenderem as demandas madeireiras impostas pelo setor florestal brasileiro, há alguns fatores que interferem na produtividade são o material genético e o espaçamento utilizados nos plantios florestais. O fator espaçamento influencia diretamente na área vital do indivíduo arbóreo, nas variáveis de crescimento de diâmetro, volume, altura e sobrevivência dos povoamentos, assim como na idade de corte, qualidade da madeira, além das práticas silviculturais aplicadas e conseqüentemente, nos custos de produção (ELOY et. al., 2010; PEREIRA, 2015; DE ASSIS LEAL et al., 2016; AQUINO, 2017; LOPES et al., 2017; PROFÍRIO, 2018; CÔRREA et al., 2020).

O material genético, outro fator a ser analisado na eucaliptocultura, deve ser escolhido conforme a localidade, o ambiente e as características edafoclimáticas. Tendo em vista que o extenso território brasileiro abrange diversos climas, é importante que o clone esteja capacitado a suportar estresses hídricos, limitações nutricionais e que tenha garantia de fitossanidade no local de implantação. Atualmente, faz-se a seleção dos indivíduos que fazem parte do grupo das características desejadas para o plantio, esta alternativa de “pré-selecionar” as progênies por meio de marcadores moleculares estão ligados a comportamentos ecofisiológicos desejáveis como taxas de fotossíntese, taxas de respiração, padrões de crescimento radicular, abertura de estômatos, sinalização hormonal e alocação de carbono, arquitetura da copa, queda de folhas e potencial hídrico celular são exemplos destas características (STAPE, et. al., 2014; GRATTAPAGLIA et al., 2009).

Entre as técnicas de melhoramento, a clonagem associada a hibridação visa obter plantas homogêneas superiores. Das diferentes espécies de eucaliptos cultivadas no Brasil, duas se destacam: *Eucalyptus urophylla* e o *Eucalyptus grandis*, os quais geram diferentes clones com características, adaptabilidade de produtividade distinta. Destes distintos clones oriundos do cruzamento destas duas espécies, duas se destacam as quais são denominados comercialmente como clone GG 100 e AEC 1528. Todavia, para o Distrito Federal e o seu entorno, informações a respeito da adaptabilidade, crescimento, produção, e espaçamentos iniciais de plantios de uma maneira geral são escassas, sendo utilizadas informações de forma empíricas, originárias de outras regiões com características edafoclimáticas diferentes.

Diante o exposto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a produção volumétrica e a variável diâmetro de dois materiais genéticos distintos de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (GG 100 e AEC 1528) sob espaçamentos distintos (3x2 m e 3x3 m), aos 48 meses de idade, localizados na Reserva Ecológica e Experimental Fazenda Água Limpa (FAL) – Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O seguinte trabalho foi desenvolvido nas dependências da Universidade de Brasília, na Fazenda Água Limpa (FAL), no Distrito Federal, a qual possui uma área de aproximadamente 4.340 hectares, em que 3140 hectares são destinados à preservação e 1.200 hectares para a produção. A área a qual está contido o plantio possui aproximadamente 3.400 m² e é composto por 2 híbridos do gênero *Eucalyptus*.

A vegetação da área está alterada pois é destinada à produção e pesquisa científica e é composta por plantios de eucalipto, eucalipto e mogno envoltos de área de cerrado sentido restrito. O clima na região é classificado como Aw de acordo com a classificação Köppen, apresenta duas estações bem definidas, composta por verão chuvoso e inverno seco, além disso, possui média pluviométrica entre 1600-1900mm por ano, altitudes aproximadas de 1200 m em áreas de borda e com média de temperatura anual entre 19 a 20 °C (ALVARES, et. al., 2013). Além disso, o solo é majoritariamente categorizado como Latossolo Vermelho distrófico e de vegetação primária cerrado sentido restrito (GATTO et al., 2014).

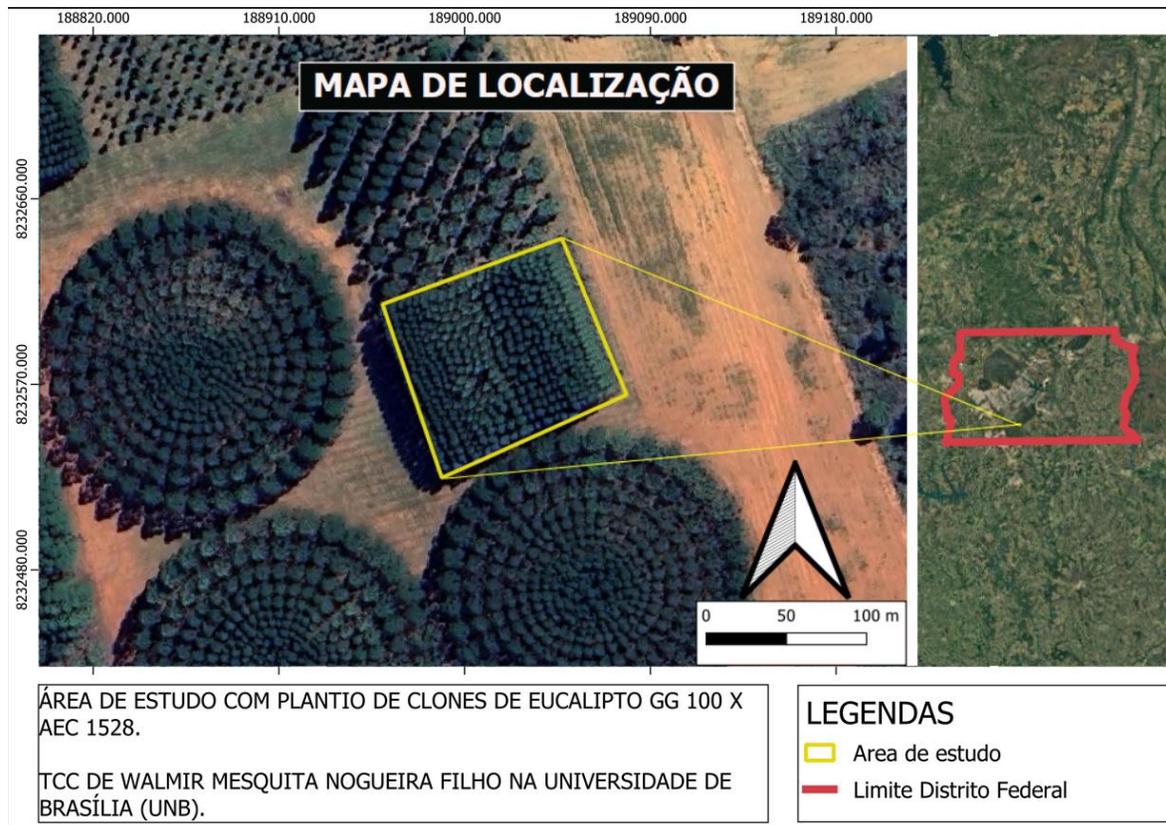


Figura 1. Mapa de localização geográfica da área de estudo.

2.2. Material Genético

No setor florestal brasileiro, a cultura do eucalipto se destaca como fornecedora de matéria prima para as mais variadas finalidades, uma destas é a utilização da madeira para fins energéticos a fim de reduzir a pressão sobre produtos oriundos de combustíveis fósseis. Além disso, pode-se citar a necessidade da utilização de madeira para satisfazer as necessidades do mercado interno e externo e reduzir a procura sobre madeiras nativas, com isso, faz-se necessária a otimização da produção, a qual pode ser influenciada pelo material genético (IBA, 2019; TEIXEIRA et al., 2020).

A distribuição de áreas plantadas vem aumentando gradativamente ao longo dos anos em função ao vasto território brasileiro, isto ocorre devido aos programas de melhoramento genético, o qual potencializam a produtividade madeireira e solucionam problemas referentes a heterogeneidade das florestas plantadas a fim de atender a demanda nacional e internacional madeireira (FONSECA et al., 2010; ROSADO et al., 2012).

O material genético do gênero eucalipto pode ser escolhido conforme as diferentes condições edafoclimáticas e sob distintos cenários que prejudiquem o crescimento em altura, diâmetro e volume. Dessa forma, a seleção do material genético pode ser de fundamental importância para o êxito de um povoamento florestal, com a ajuda da identificação dos genótipos é possível inserir estas populações em locais adversos, como por exemplo, áreas com elevada deficiência hídrica no solo (TATAGIBA et al., 2008).

O clone GG 100 é um híbrido de *E. grandis* x *E. urophylla*, e foi desenvolvido pela empresa Gerdau, possui desenvolvimento muito favorável, no entanto, para locais de menor umidade é visível um acréscimo na taxa de mortalidade a partir do segundo ano de vida. Além disso, é um híbrido que apresenta madeira de boa qualidade, com incremento médio anual de aproximadamente 45 m³ ha-1ano-1, densidade básica igual a 576kg m⁻³ e teor de lignina igual a 26,10%, é indicado para produção vegetal, energia, serraria e biomassa (MATIAS, 2015; BOA MORTE, 2020; NOGUEIRA, 2013).

O clone AEC 1528 é um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*, é considerado um super clone devido ao seu rápido crescimento, possui boa resistência a deficiências hídricas. Além disso, apresenta alta produtividade, alto teor de fibras curtas, e em condições ambientais adequadas, pode apresentar incremento volumétrico superior às demais espécies do gênero *Eucalyptus*. É um clone desenvolvido pela empresa Arcelomital, e considerado um genótipo tolerante ao psilídeo de conha, à ferrugem do eucalipto e indicado para regiões com baixo déficit hídrico, possui densidade básica de 531kg m⁻³, e pode ser utilizada para energia na forma de lenha, carvão e cavaco, serraria, madeira tratada na forma de estacas, mourões e postes (BATTIE LACLAU, 2013; MORA; GARCIA, 2000; PINTO, 2011; LÂMEGO, 2015).

2.3. Delineamento Experimental

O estudo foi conduzido por meio de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial 2x2, dois clones e dois espaçamentos, totalizando 4 repetições e 4 arranjos de plantio. Ademais, realizou-se a implementação dos indivíduos arbóreos em 5 linhas de plantio e excluiu-se as linhas de plantio mais externas da plantação a fim de eliminar o efeito de borda. A área foi subdividida em 4 subparcelas, totalizando 16 unidades experimentais.

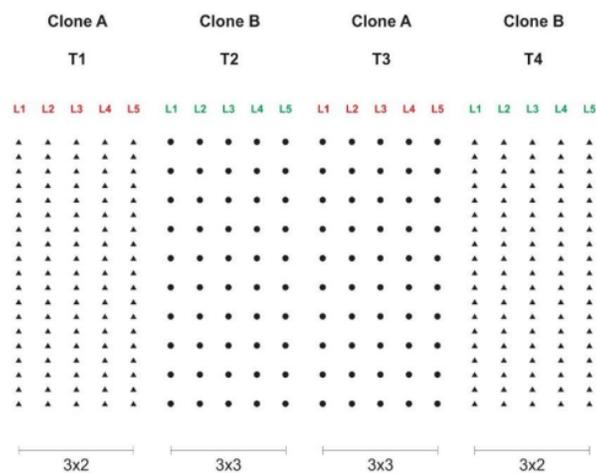
Com isso, o experimento é composto por 371 árvores, e excluindo-se os indivíduos que compõem o efeito de borda, este número é reduzido para 287 indivíduos clonais, os quais foram avaliados por delineamento inteiramente casualizado. Ademais, foi avaliada a taxa de sobrevivência para cada tratamento.

É possível observar em povoamentos florestais que as árvores mais externas do plantio possuem variáveis dendrométricas diferentes das árvores internas do plantio, estas geralmente apresentam maiores diâmetros e maiores alturas, isto porque estas árvores têm menor competição em relação aos outros indivíduos arbóreos, isto significa que as árvores mais externas possuem maior acesso a nutrientes e maior exposição a luz solar, o que intensifica o crescimento volumétrico (MIRANDA, 2016; DE LIMA, 2017).

O povoamento selecionado para estudo constituiu-se dos espaçamentos 3x2 m, o qual representa número total de indivíduos de 1666 árvores/ha e o espaçamento 3x3 m, o qual representa número total de indivíduos de 1111 árvores/ha.

Diante o exposto, o plantio foi analisado conforme figuras abaixo:

Figura 2. Croqui da instalação de experimento dos clones GG100 x AEC 1528.



Fonte: FREITAS DA BOA MORTE, CAROLINE (2020).

Figura 3. Foto aérea obtida por drone da área de estudo.



Fonte: O autor.

2.4. Coleta de dados

2.4.1. Mensuração dos dados dendrométricos

Aos 48 meses de plantio, avaliou-se o crescimento dos indivíduos clonais, esta avaliação visou a coleta dos dados referentes a circunferência à altura do peito, a 1,30 m de altura. Após a coleta, os dados foram convertidos de circunferência à altura do peito (CAP) para diâmetro à altura do peito (DAP) por meio da divisão por π , conforme equação abaixo:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

2.4.2. Determinação do volume

Por meio de um método não destrutivo, foi possível obter o volume das árvores do plantio em questão. Em determinados casos, é inviável a realização de métodos destrutivos, como é o caso do experimento estudado, assim, utilizou-se um modelo de obtenção de volume com casca estudado por Miguel et. al. (2018), o qual permite a estimativa volumétrica de florestas de eucalipto com a acurácia necessária.

Para determinar o volume real individual (m^3) selecionou-se 6 árvores de cada tratamento. Destas 6 árvores, foram coletadas as circunferências nas seções 0,1 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m, 0,9 m, 1,1 m, 1,3 m e 2,0 m. Por meio destes dados, calculou-se o volume individual com casca arbóreo com as equações a seguir:

$$g_i = \frac{\pi(d)^2}{40000} \quad (2)$$

$$V_i = \frac{(g_{in} + g_{in-1})}{2} \times L \quad (3)$$

$$V_p = g_i \times (Ht - 2) \times 0,45 \quad (4)$$

Em que: g_i = área seccional individual (m); π = constante igual à 3,14159; d = diâmetro (cm); V_i = volume da seção (m³); n = seções; L = comprimento da seção (m); V_p = volume da ponta; Ht = altura total (m).

Por conseguinte, calcula-se o volume total do fuste de uma árvore pela equação:

$$V_{total} = \sum(V_i + V_{i+1} + \dots + V_{i+n}) + V_p \quad (5)$$

Após a obtenção do volume individual com casca dos clones estudados, obteve-se o volume médio individual e o volume médio por hectare para cada tratamento.

2.5. Análise Estatística

O trabalho em questão foi realizado por um arranjo em esquema de análise fatorial utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), assim, a análise estatística teve início com a avaliação da homogeneidade das variâncias entre os diferentes tratamentos por meio do Teste de Bartlett (1937). A importância do teste de homogeneidade de variâncias em muitas áreas da experimentação é baseada na premissa de que muitos testes de hipóteses sobre médias ou efeitos de tratamentos são realizados pressupondo que as variâncias das populações amostradas sejam iguais (NOGUEIRA, 2013). A violação dessa hipótese pode afetar o desempenho do método e comprometer os resultados de diferentes formas, segundo Johnson e Wichern (1998). A análise das hipóteses foi testada por:

H_0 : Não há diferença significativa entre as variâncias dos tratamentos.

H_1 : Pelo menos uma das variâncias dos tratamentos é diferente das demais.

Posterior ao teste de verificação da homogeneidade das variâncias, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk (1965) a fim de identificar se os dados do experimento seguem a distribuição normal, de forma a atender os pressupostos das análises de variância (ANOVA). Para isso, realizou-se o teste de normalidade, em que a análise das hipóteses foi dada por:

H_0 : A amostra segue uma distribuição normal.

H_1 : A amostra não segue uma distribuição normal.

A análise de variância (ANOVA) foi estruturada seguindo um Experimento fatorial delineado inteiramente casualizado conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Estrutura da análise de variância (ANOVA) para experimentos fatoriais delineado de forma inteiramente casualizado.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fcal.	Ftab.
Fator A	I-1	SQ_A	QM_A	F_{A-cal}	F_{tab}
Fator B	J - 1	SQ_B	QM_B	F_{B-cal}	F_{tab}
Int. AxB	(J-1)(I-1)	SQ_{AxB}	QM_{AxB}	$F_{AxB-cal}$	F_{tab}
Tratamentos	IJ - 1	$SQ_{tratamentos}$	$QM_{tratamentos}$	-	-
Resíduos	J.I (K-1)	$SQ_{resíduos}$	$QM_{resíduos}$	-	-
Total	JK - 1	SQ_{total}	-	-	-

O fator A refere-se aos clones GG 100 e AEC 1528, e o fator B refere-se aos espaçamentos 3x2m e 3x3m. A ANOVA foi precedida do teste F ao nível de 5% de probabilidade com o objetivo de identificar se existia diferença estatística significativa entre os espaçamentos, entre os clones e entre a interação de clones e espaçamento. O teste de hipótese para o teste F foi avaliado pela análise das hipóteses determinadas por:

H_0 : Ausência do efeito de tratamentos. Não há diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

H_1 : Presença do efeito de tratamentos. Existe diferença significativa entre os tratamentos.

Por fim da análise estatística, realizou-se o teste de Tukey (1949) a 5% de probabilidade, com o intuito de comparar o par de médias, para isso, baseamos a análise na diferença mínima significativa (DMS), o teste de Tukey baseou-se na hipótese:

$H_0: \mu_i = \mu_j$. Os tratamentos são semelhantes.

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$. Os tratamentos se diferem.

Já a hipótese do teste da DMS, foi dada por:

$H_0: C < dms (\Delta)$. Teste não significativo, as duas médias não diferem entre si.

$H_1: C \geq dms (\Delta)$. Teste significativo, as duas médias diferem entre si.

A diferença mínima significativa (DMS) foi realizada com base na fórmula a seguir:

$$DMS = q \times \sqrt{\frac{QMRes}{r}} \quad (6)$$

Em que: q = amplitude obtida na tabela de dupla entrada com o grau de liberdade do resíduo e o número de tratamentos a dado nível de significância (5%); $QMRes$ = quadrado médio do resíduo; r = número de observações por tratamento (repetições).

Todas as análises estatísticas foram efetuadas por meio do Microsoft Excel versão 2016.

3. RESULTADOS

De acordo com as exigências predeterminadas, obteve-se, por meio do teste de Bartlett, com 95% de confiança, para verificar se as variâncias eram homogêneas a aceitação da hipótese inicial, a qual demonstra a igualdade das variâncias das variáveis dendrométricas avaliadas, de volume e diâmetro. Assim, realizou-se a análise estatística para verificação da normalidade dos dados volumétricos e diamétricos, e conforme teste de Shapiro-Wilk, verificou-se que a hipótese inicial não foi rejeita, a qual confere aos dados a disposição na distribuição normal.

Em relação a volumetria, obteve-se que ao longo dos 48 meses de idade, os híbridos clonas GG 100 e AEC 1528 obtiveram sobrevivência média acima de 95%. Além disso, cabe ressaltar que o tratamento 3 (GG 100; 3x3 m) apresentou taxa de sobrevivência igual a 100%, como é visto na Tabela 2 seguir:

Tabela 2 - Sobrevivência do plantio aos 48 meses de idade de 2 híbridos clonais no Distrito Federal.

Clone	Sobrevivência (%)	
	Espaçamento	
	3x2	3x3
GG100	95%	100%
AEC 1528	98,75%	96,67%

Na Tabela 3, encontra-se a síntese das informações da variável volume por unidade de área (hectare) para os tratamentos 1, 2, 3 e 4. O tratamento 1 (clone A e espaçamento 3x2m) apresentou o maior valor de coeficiente de variação (CV%), desvio padrão e variância para o volume, seguido dos tratamentos 2, 4 e 3 respectivamente.

Tabela 3 - Produção volumétrica por parcela, produção total, média, mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e variância do DIC.

Volumetria (m ³ /ha)	GG100	AEC 1528	GG100	AEC 1528
Parcela 1	276,43	210,46	258,748	277,38
Parcela 2	325,22	210,46	258,74	291,92
Parcela 3	325,22	225,48	258,74	291,92
Parcela 4	309,02	225,48	258,74	291,92
Totais	1235,90	871,88	1034,99	1153,17
Média	308,97	217,97	258,74	288,29
Mínimo	276,43	210,46	258,74	277,38
Desvio Padrão	22,99	8,67	0	7,27
Coeficiente de Variação	7,44	3,97	0	2,52
Variância	528,85	75,18	0	52,88

Por meio destas análises e com o método de obtenção de volume com casca proposto por Miguel et. al. (2018), constatou-se que as médias de volume individual para o tratamento 1 foi de 0,19521 m³, já para o tratamento 2 foi de 0,20295 m³, para o tratamento 3 a média volumétrica foi 0,23289 m³ e para o tratamento 4 esta média foi de 0,17522 m³.

Os dados volumétricos analisados foram estruturados em 4 sub parcelas (I, II, III e IV) para cada tratamento, desta forma, foram explicitados em m³/ha conforme Tabela 4:

Tabela 4 - Síntese da produção volumétrica (m³/ha) para os diferentes clones

Vol (m ³ /ha)	Clone				Totais
	GG 100		AEC 1528		
	Espaçamento				
	3x2	3x3	3x2	3x3	
I	276,43	258,74	277,38	210,46	1023,03
II	325,22	258,74	291,92	210,46	1086,36
III	325,22	258,74	291,92	225,48	1101,38
IV	309,02	258,74	291,92	225,48	1085,17
Totais	1235,90	1034,99	1153,17	871,88	4295,96

Em síntese, a Tabela 4 informa que a volumetria total do clone GG 100 para o espaçamento 3x2m foi de aproximadamente 1235,90 m³/ha, enquanto para o espaçamento 3x3m foi de aproximadamente 1034,99 m³/ha, já o clone AEC 1528 apresentou, para o espaçamento 3x2m, aproximadamente 1153,17 m³/ha e para o espaçamento 3x3m, aproximadamente 871,88 m³/ha, o menor valor estimado para os 4 tratamentos.

Na Figura 4, é notório o rápido crescimento dos clones no espaçamento 3x2 m, enquanto o crescimento no espaçamento 3x3 m ocorre de forma mais demorada ao longo dos 4 anos (48 meses) de idade.

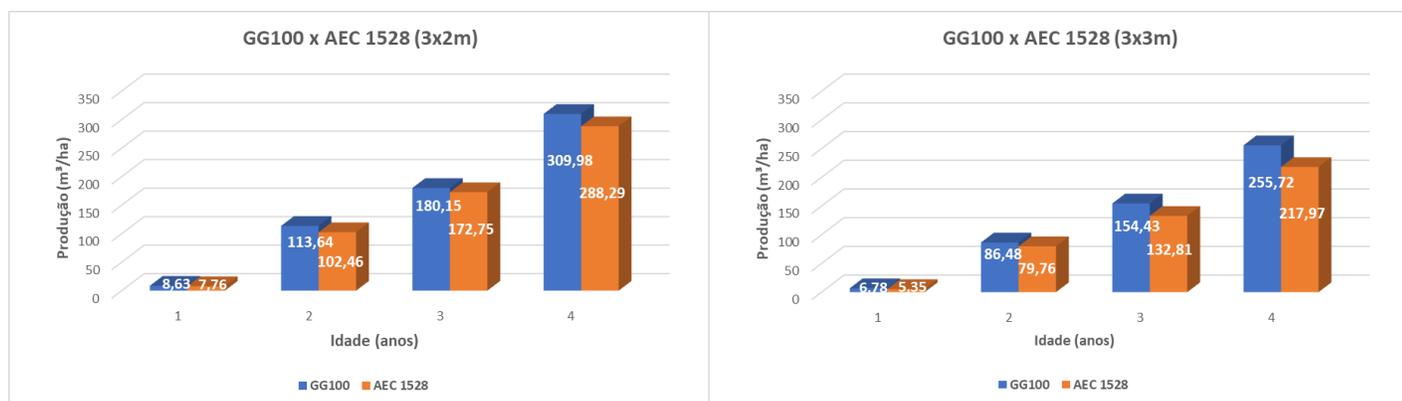
**Figura 4.** Crescimento volumétrico dos diferentes clones em diferentes espaçamentos ao longo dos 4 anos.

Tabela 5 - Produção em m³/ha ao longo dos 4 anos e diferença percentual entre os anos interiores.

GG 100 3x2m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual	GG 100 3x3m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual
	1	8,63	-		1	6,78	-
	2	113,64	92,41		2	86,48	92,16
	3	180,15	36,92		3	154,43	44,00
	4	309,98	41,88		4	255,72	39,61
AEC 1528 3x2m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual	AEC 1528 3x3m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual
	1	7,76	-		1	5,35	-
	2	102,46	92,43		2	79,76	93,29
	3	172,75	40,69		3	132,81	39,94
	4	288,29	40,08		4	217,97	39,07

Conforme Tabela 5, é visível a diferença de produção volumétrica em relação aos diferentes espaçamentos, em que o espaçamento 3x2 m apresenta maior desempenho em incremento anual.

Com base na Tabela 1, realizou-se a análise de variação (ANOVA) em arranjo fatorial 2x2, considerando os tratamentos inteiramente casualizados (DIC), o qual contém efeito dos clones, dos espaçamentos e da interação clone x espaçamento sobre a variável volume, tendo em vista que os dados foram expressos conforme a Tabela 6:

Tabela 6 - Valores totais da produção volumétrica por Clone e Espaçamento.

Quadro Auxiliar - Interação (totais)			
Clone	Espaçamento		Totais
	3x2	3x3	
GG100	1235,90	1034,99	2270,90
AEC 1528	1153,17	871,88	2025,06
Totais	2389,08	1906,88	4295,96

Realizou-se a análise de variância para a variável volumetria e foi encontrado o resultado apresentado na Tabela 7:

Tabela 7 - Resumo da análise de variância realizada sobre a variável dendrométrica volume para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 48 meses de idade.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fcal.	Ftab.
Fator A	1	3777,28	3777,28	23,00*	4,74
Fator B	1	14532,45	14532,45	88,48*	4,74
Int. AxB	1	403,77	403,77	2,45 ^{ns}	4,74
Tratamentos	3	18713,51	6237,83	-	-
Resíduos	12	1970,75	164,22	-	-
Total	15	20684,26	-	-	-

*: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$); ^{ns}: não significativo; FATOR A: clones; FATOR B: espaçamento

Segundo o resultado observado acima, nota-se que há diferença significativa no fator A, referente aos clones, portanto, os clones se diferem em relação a volumetria entre si, rejeitando assim a hipótese de nulidade proposta. Também se verifica que há diferença significativa no fator B, referente aos espaçamentos, portanto, os espaçamentos influenciam a volumetria no plantio, rejeitando assim a hipótese de nulidade proposta.

Ainda de acordo com os resultados do teste F, constatou-se que a interação clone x espaçamento não apresentou diferenças significativas para a variável volume.

Em seguida, ao identificar a diferença significativa entre os clones e espaçamentos, o teste de médias de Tukey foi executado, objetivando identificar qual tratamento apresentou maior produtividade por hectare, o que pode ser visto na Tabela 8:

Tabela 8 - Valores médios e teste de comparação realizado para o volume em função dos espaçamentos e clones aos 48 meses de idade.

Quadro Auxiliar - Interação (média)			
Clone	Espaçamento		Média Geral
	3x2	3x3	
GG100	308,97aA	258,74bA	283,86
AEC 1528	288,29aB	217,97bB	253,13
Média Geral	298,63*	238,35*	268,49

Em conformidade com o teste de Tukey realizado, foi encontrado para q tabelado o valor de 3,08, com isso, calculou-se a diferença mínima significativa (DMS, Δ) no valor de

9,86. Já a diferença das médias dos espaçamentos foi de 60,27. Assim, conclui-se que a diferença das médias é superior ao DMS calculado, portanto, é possível assegurar a diferença significativa no fator espaçamento para a variável volumétrica, tendo em vista que para plantios com menor área vital há efeito da quantidade de indivíduos na questão volumétrica, superando assim os plantios com maior área vital, e conseqüentemente menos indivíduos.

Para o fator clone, a diferença das médias foi de 30,72, mantendo o valor superior ao DMS calculado, portanto, é notório o efeito significativo nos diferentes clones, assim, constata-se que o clone A (GG 100) obtém maior produtividade volumétrica em relação ao clone B (AEC 1528).

Na Tabela 9, observa-se a síntese de informações da variável dendrométrica diâmetro por unidade de área (hectare) para os tratamentos 1, 2, 3 e 4. O tratamento 3 (Clone A; espaçamento 3x3 m) apresentou o maior valor de coeficiente de variação (CV%), desvio padrão e variância para o diâmetro, seguido dos tratamentos 4, 1 e 2 respectivamente.

Tabela 9 - Dados diamétricos por parcela, produção total, média, mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação e variância.

DAP (cm)	GG100 3x2	AEC 1528 3x3	GG100 3x3	AEC 1528 3x2
Parcela 1	15,77	15,23	15,89	14,03
Parcela 2	14,89	15,43	16,44	14,04
Parcela 3	15,25	15,36	16,62	14,48
Parcela 4	15,48	15,70	17,01	14,78
Totais	61,40	61,74	65,97	57,34
Média	15,35	15,43	16,49	14,33
Mínimo	14,89	15,23	15,89	14,03
Desvio Padrão	0,36	0,19	0,46	0,36
Coeficiente de Variação	2,40	1,27	2,83	2,57
Variância	0,13	0,03	0,21	0,13

Diante o exposto, estruturou-se os dados diamétricos 4 sub parcelas (I, II, III e IV) para cada tratamento, como mostra a Tabela 10:

Tabela 10 - Síntese dos dados diamétricas nos diferentes clones.

DAP (cm)	Clone				Média
	GG 100		AEC 1528		
	Espaçamento				
	3x2	3x3	3x2	3x3	
I	15,77	15,89	14,03	15,23	15,23
II	14,89	16,44	14,04	15,43	15,20
III	15,25	16,62	14,48	15,36	15,43
IV	15,48	17,01	14,78	15,70	15,74
Média	15,35	16,49	14,33	15,43	15,40

A Tabela 10 acima, nota-se que a média diamétrica do clone GG100 para o espaçamento 3x2 é de aproximadamente 15,35 cm, enquanto para o espaçamento 3x3 é de aproximadamente 16,49 cm. Já para o clone AEC 1528, nota-se que a média diamétrica para o espaçamento 3x2 é de 14,33 cm, enquanto para o espaçamento 3x3 é de 15,43 cm. A maior média diamétrica é representada pelo clone AEC 1528, no espaçamento 3x3 m.

Na Figura 5, é possível perceber a diferença diamétrica entre os diferentes clones em diferentes espaçamentos, observa-se que o crescimento é mais acentuado no clone AEC 1528.

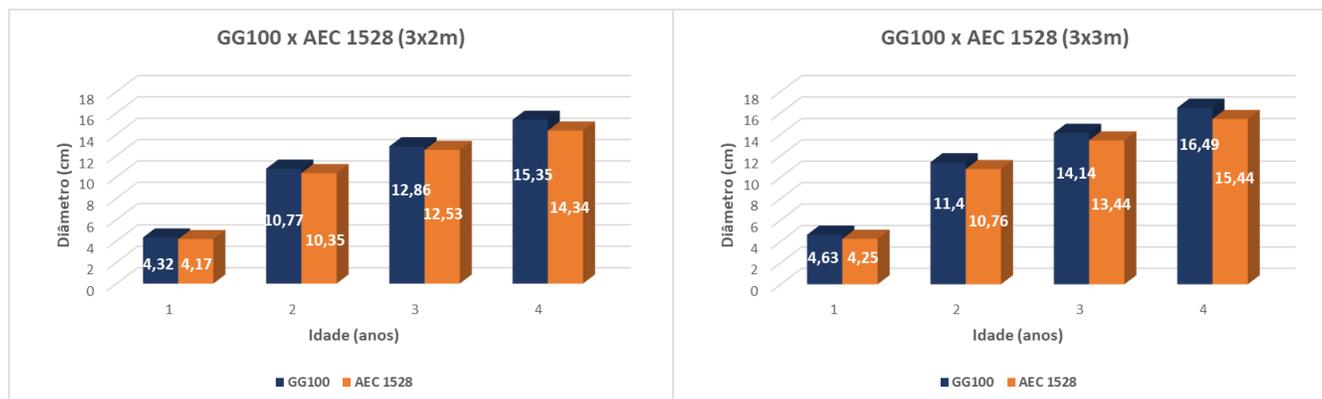
**Figura 5.** Crescimento diamétrico dos diferentes clones em diferentes espaçamentos ao longo dos 4 anos.

Tabela 11 - Diâmetro (cm) ao longo dos 4 anos e diferença percentual entre os anos anteriores.

GG 100 3x2m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual	GG 100 3x3m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual
	1	4,32	-		1	4,63	-
	2	10,77	59,89		2	11,4	59,39
	3	12,86	16,25		3	14,14	19,38
	4	15,35	16,22		4	16,49	14,25
AEC 1528 3x2m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual	AEC 1528 3x3m	Idade (anos)	Produção (m ³ /ha)	Diferença percentual
	1	4,17	-		1	4,25	-
	2	10,35	59,71		2	10,76	60,50
	3	12,53	17,40		3	13,44	19,94
	4	14,34	12,62		4	15,44	12,95

Na Tabela 11, percebe-se que o incremento diamétrico anual do clone AEC 1528 tende a ser maior que o clone GG 100 ao longo dos anos.

Baseando-se na Tabela 11, realizou-se a ANOVA em arranjo fatorial 2x2, considerando os tratamentos em DIC, o qual contém efeito dos clones, dos espaçamentos e da interação clone x espaçamento sobre a variável diâmetro. Assim, os dados foram expressos conforme a Tabela 12 abaixo:

Tabela 12 - Valores totais do diâmetro por Clone e Espaçamento.

Quadro Auxiliar - Interação (totais)			
Clone	Espaçamento		Totais
	3x2	3x3	
GG100	61,40	61,74	123,15
AEC 1528	65,97	57,34	123,32
Totais	127,38	119,09	246,48

Após a ANOVA para a variável diâmetro, foi encontrado o resultado expresso na Tabela 13:

Tabela 13 - Resumo da análise de variância realizada sobre a variável diâmetro para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 48 meses de idade.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fcal.	Ftab.
Fator A	1	4,30	4,30	32,46*	4,75
Fator B	1	5,02	5,02	37,97*	4,75
Int. AxB	1	0,0018	0,0018	0,01 ^{ns}	4,75
Tratamentos	3	9,32	3,11	-	-
Resíduos	12	1,59	0,13	-	-
Total	15	10,91	-	-	-

*: significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p > 0,05$); ^{ns}: não significativo; FATOR A: clones; FATOR B: espaçamento

De acordo com o resultado acima, houve diferença significativa no fator A, dessa forma, os clones se diferem em relação ao diâmetro entre si, ou seja, rejeita-se a hipótese de nulidade proposta. Ademais, é notório que há diferença significativa no fator B, portanto, os espaçamentos influenciam o diâmetro dos clones neste plantio, rejeitando assim a hipótese de nulidade proposta. No entanto, foi possível analisar que não existe diferença estatística significativa para a interação clone x espaçamento para a variável DAP.

Por conseguinte, analisou-se a diferença significativa entre os clones e espaçamentos utilizando o teste de médias de Tukey, em que foi analisado qual tratamento apresentou maior crescimento em diâmetro, como é explicitado na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 - Valores médios e teste de comparação realizado para o diâmetro em função dos espaçamentos e clones aos 48 meses de idade.

Quadro Auxiliar - Interação (média)			
Clone	Espaçamento		Média Geral
	3x2	3x3	
GG100	15,35aA	16,49bA	15,92
AEC 1528	14,34aB	15,44bB	14,89
Média Geral	14,84	15,97	15,41

Baseando-se no teste de Tukey, o q_{tabelado} encontrado foi de 3,08, com isso, calculou-se a DMS no valor de 0,28. Diante a isso, a diferença das médias do espaçamento foi de 1,12, portanto, concluiu-se que a diferença das médias é superior ao DMS calculado, dessa forma, existe diferença significativa no fator espaçamento. Já para o fator clone, a diferença das médias foi de 1,03, também superior ao DMS calculado, portanto, é possível assegurar que existe diferença significativa no fator clone para a variável diâmetro.

Observou-se também, por meio da análise das curvas do incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA), que para a variável volume, não há cruzamento das curvas, isto mostra que o povoamento 3x2m e 3x3m, independente do clone e do espaçamento segue em uma crescente.

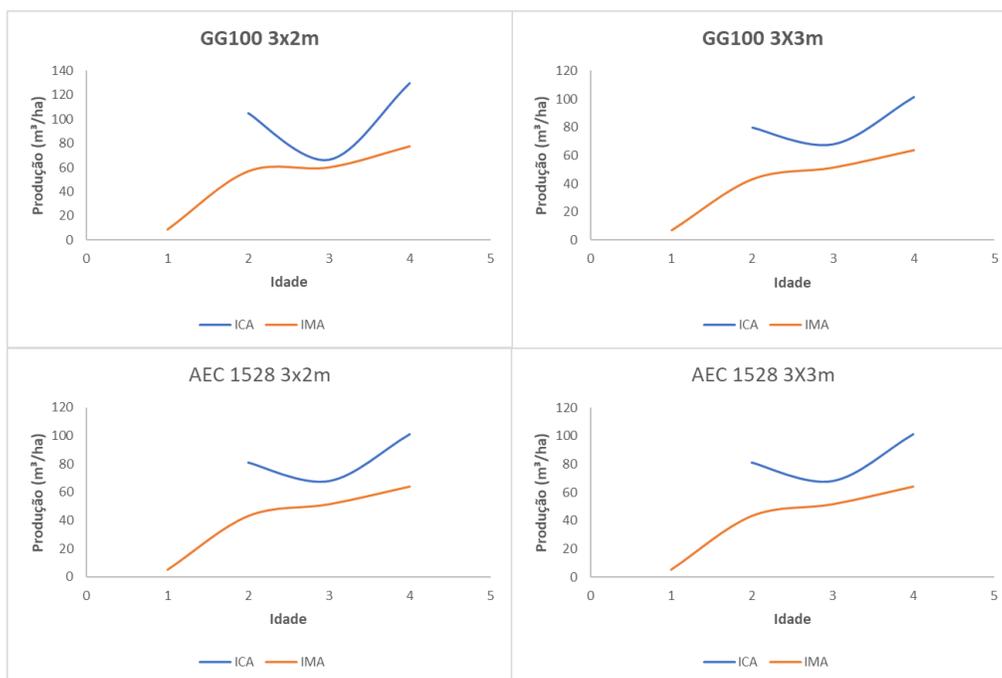


Figura 6 - Análise das curvas de ICA x IMA para a variável volume.

Em conformidade com a produção volumétrica, realizou-se a análise da curva de produção do plantio para o clone GG 100 sob espaçamentos 3x2 m e 3x3 m aos 1, 2, 3 e 4 anos de idade, o mesmo foi replicado para o clone AEC 1528, assim verificou-se o crescimento acentuado ao longo dos 48 meses dos dois clones analisados conforme a Figura 7 a seguir:

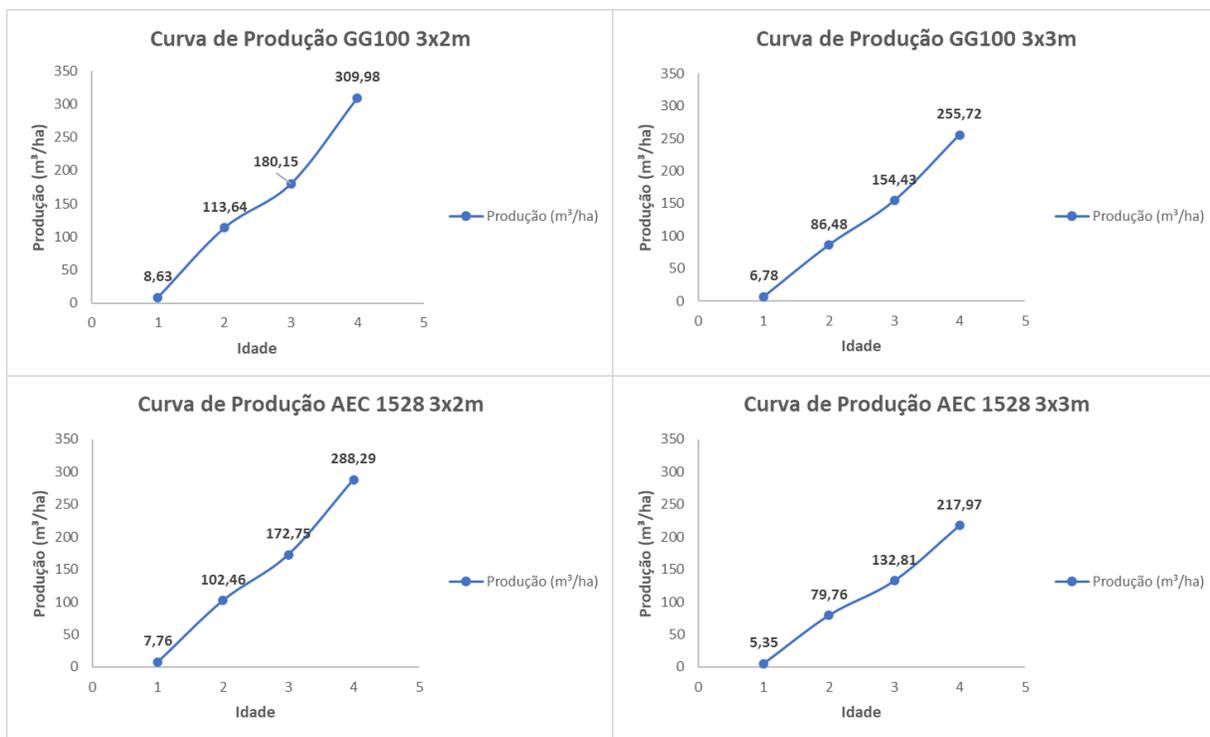


Figura 7 - Curva de Produção Volumétrica para os clones GG 100 e AEC 1528.

A mesma análise de curva de produção foi realizada para a variável diâmetro, revelando o aumento evidente do povoamento florestal, conforme Figura 8 a seguir:

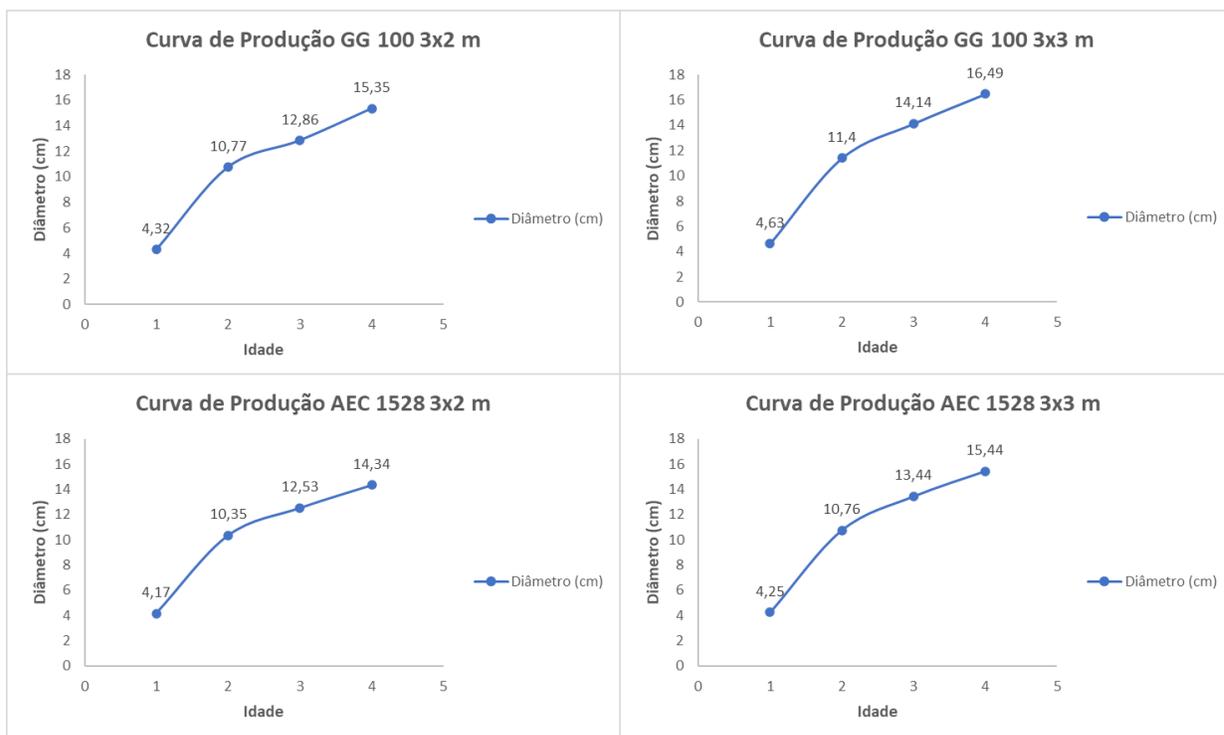


Figura 8 - Crescimento dos clones GG 100 e AEC 1528 para a variável diâmetro.

4. DISCUSSÕES

4.1. Análise da variável dendrométrica volume

Diante o estudo apresentado, percebe-se que o efeito espaçamento é estatisticamente significativo, ao nível de 5% de probabilidade, o que confere influência do fator espaçamento sobre a produção volumétrica. Com isso, verificou-se que o espaçamento 3x2 m apresentou maiores valores volumétricos em relação ao espaçamento 3x3 m.

Este resultado mostra o que também é observado em outros estudos, conforme Ribeiro et. al., (2017), o volume individual é superior em espaçamentos mais amplos, devido a maior disponibilidade de área vital para as árvores, desta forma, as árvores dispostas em espaçamento 3x3m, de área vital de 9 m² apresentam maior volume individual em relação ao espaçamento 3x2m, de área vital de 6 m².

Os maiores valores médios de volume individual são observados em indivíduos clonais submetidos aos espaçamentos mais amplos, ou seja, a produtividade individual por árvore é superior nos espaçamentos mais amplos, no entanto, a maior produtividade por área (hectare) é observada em povoamentos mais populosos, de menor espaçamento, ou seja, o espaçamento 3x2 m (MORAIS, 2006)

No presente estudo, tais conclusões também foram observadas, dessa forma, o tratamento que apresenta maior volumetria foi observada em plantios de maior densidade populacional, com os indivíduos arbóreos que apresentam menor área vital (6 m²). Assim, a volumetria final é compensada pelo número de clones no tratamento, assim foi observado em diferentes experimentos de outros autores (Santos, et.al, 2017; Côrrea et. al, 2020; Porfírio, 2018).

No entanto, cabe salientar que os indivíduos presentes no espaçamento 3x2 m tendem a estagnar-se mais rapidamente em relação aos clones no plantio no espaçamento 3x3 m, isto porque existe uma área limítrofe menor para a área vital de 6 m², ou seja, plantios mais adensados promovem maior competição entre os clones de nutrientes essenciais as plantas como luz, água, nutrientes, além do crescimento aéreo e das raízes (SEREGHETTI et al., 2015; DE VERA et al., 2022). É possível então predizer que o espaçamento 3x3 m tenha um incremento acentuado a partir de determinado momento, o que pode conferir maior produção volumétrica neste espaçamento, portanto, estes indivíduos podem apresentar um indicativo

de melhor crescimento em áreas vitais maiores, o que reduziria os custos de implantação, menores custos de manutenção e maiores retornos individuais por árvore.

Diante o exposto, ao realizar o planejamento e a produção de um plantio florestal com a intenção de se obter árvores de maior volume individual, e maior diâmetro, é indicado a adoção de espaçamentos mais amplos e de rotações mais longas. Contrário a esta ideia, a produção volumétrica alta por unidade de área, sob menor tempo de corte, para a produção de biomassa está atrelada a implementação de plantios sob espaçamentos reduzidos (WATZLAWICK, 2020).

4.2. Análise da variável dendrométrica diâmetro

Conforme as análises do estudo, verificou-se que as médias diamétricas dos clones em espaçamento 3x3 m foram maiores em relação ao espaçamento 3x2 m aos 48 meses de idade. Isto pode ser explicado devido as condições sob as quais foram impostos os clones de eucalipto, para povoamentos muito densos, o diâmetro tende a ser menor, tendo em vista que a competição por nutrientes, luz, água, crescimento de raízes e parte aérea é maior comparado aos povoamentos menos adensados (MARCOLINO, 2010; CARDOSO, 1989).

Diversos autores corroboram com a ideia que de fato existe relação do espaçamento de plantio sobre variáveis dendrométricas como diâmetro e, conseqüentemente, sobre o volume, ademais, a escolha do espaçamento deve estar em conformidade com a finalidade do produto florestal final, o qual deve estar apto a atender todas as necessidades previstas para este produto e suas especificações (PORFÍRIO, 2018).

Quando ocorre a implantação de povoamentos florestais adensados, a tendência é a produção de indivíduos com menores diâmetros, além disso, o volume final será comprometido tendo em vista que a competição por recursos será maior. Por outro lado, em povoamentos menos adensados, o sistema produtivo será mais efetivo, com isso ocorre otimização no crescimento em diâmetro e na volumetria (SOARES, 2015).

Conforme Watzlawick (2020), nota-se que em maiores espaçamentos há maior número de indivíduos clonais pertencentes em classes de maior diâmetro, e isto pode ser visto gradativamente ao longo dos espaçamentos 3x2 m e 3x3 m. Assim, é corroborado que os espaçamentos mais amplos potencializam o desenvolvimento do diâmetro das árvores, em que, sob estas condições, o maior crescimento em diâmetro é influenciado pelo

aproveitamento dos recursos disponibilizados na área vital de cada indivíduo clonal, o qual ocorre menor competição por espaço, luz, água e nutrientes.

A exemplo disto, pode-se citar a finalidade de indivíduos arbóreos com maiores diâmetros para a serraria, ao contrário de indivíduos que são destinados à produção de carvão, celulose e papel, em que se faz necessária ter elevada produtividade, ou seja, maior volumetria por área, o qual seria ideal os espaçamentos mais adensados (NETO et. al., 2010).

Assim, constata-se que maiores espaçamentos entre indivíduos arbóreos resultam na produção de árvores com maiores diâmetros, as quais podem ser destinadas à serraria, ademais, estas práticas de silvicultura que resultam maiores diâmetros e maiores volumetrias estão atreladas a maior fixação de carbono por área por meio da integração de culturas (ZARO et al., 2019; ARAUJO, 2021). Além disso, a aplicação de práticas silviculturais são fundamentais no planejamento e implantação de povoamentos florestais, ressalta-se que a escolha do material genético e o espaçamento são de fundamental importância para a finalidade da produção madeireira.

5. CONCLUSÃO

Existe diferença estatística significativa para a produção volumétrica entre os espaçamentos 3x2 m e 3x3 m, também é verificado que existe diferença significativa para os diferentes clones (GG 100 e AEC 1528) aos 48 meses de idade.

Para a variável diâmetro, verificou-se que existe diferença estatística significativa entre os espaçamentos 3x2 m e 3x3 m, assim como existe diferença significativa para os diferentes clones (GG 100 e AEC 1528) no crescimento em diâmetro aos 48 meses de idade.

Não existe diferença significativa para a variável volume e nem para a variável diâmetro na interação dos fatores clone x espaçamento aos 48 meses de idade.

O clone GG 100 sob espaçamento 3x3 m apresentou a maior média diamétrica, contrário a isso, o clone AEC 1528 sob espaçamento 3x2 m apresentou a menor média diamétrica.

Com base nos dados analisados, recomenda-se a implantação do clone GG 100, no espaçamento 3x2 m, tendo em vista que este destaca-se frente aos demais em questões volumétricas e de espaçamento para rotações de curto prazo. Contrário a isso, a menor produção volumétrica trata-se do clone AEC 1528, no espaçamento 3x3 m.

Em conformidade com a análise das curvas ICA x IMA para a variável volume, é notório que o plantio ainda está em crescimento, logo a idade de corte do povoamento florestal do ponto de vista silvicultural não foi alcançado, tendo em vista que não há o cruzamento entre as curvas de crescimento.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AQUINO, P. S. R. **Crescimento inicial de eucalipto em função do espaçamento utilizando delineamento sistemático tipo “Leque”**. 2017. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, 2017.
- ARAUJO, Emmanoella Costa Guaraná et al. **Estoque de carbono na madeira de Eucalyptus: relação material genético x espaçamento entre árvores**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 14, n. 2, p. e7998, 2021.
- BATTIE LACLAU, P. R. F. **Efeitos da adubação potássica sobre a adaptação à seca do Eucalyptus grandis**. 2013. 137 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.
- BARTLETT, M. S. **Properties of sufficiency and statistical tests**. Proceedings of the Royal Statistical Society - Serie A, v,60, p.268-282, 1937.
- CARDOSO, J. A. Bracatinga. **Brasil Madeira**, Curitiba, v. 3, n. 33, p. 1-10, 1989.
- CORRÊA, R. S. et al. **Espaçamentos de plantio promovem produção distinta em híbrido de eucalipto**. Advances in Forestry Science, v. 7, n. 3, p. 1073-1079, 2020.
- DE ASSIS LEAL, F.; SOARES, I. M.; SOARES, T. S.. **Influência do espaçamento no diâmetro e altura de três clones de eucalipto**. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 12-12, 2016.
- DE LIMA, MAIDA CYNTHIA DUCA. **Efeito da borda na precisão do inventário florestal e na estimativa de multiprodutos em um povoamento de eucalipto**. Vitória da Conquista-BA: Uesb, 2017.
- ELOY, E. et al. **Espécies florestais em plantios de curta rotação para biomassa**. Revista da Madeira, v. 21, n. 5, p. 50-53, 2010.
- Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul (FAMASUL) <https://portal.sistemafamasul.com.br/> acessado em 27 de nov. 2023.
- FERNANDES, Jamily da Silva; CONCEIÇÃO JÚNIOR, Valdemiro; BARRETO-GARCIA, Patrícia Anjos Bittencourt. **Field Performance of Eucalyptus Hybrids at Planalto da Conquista, Bahia, Brazil**. Floresta e Ambiente, v. 25, 2018.
- Gatto, A. et al. **Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de Eucalyptus sp. no Distrito Federal**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n. 3, p. 879-887, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000300019>.

GRATTAPAGLIA, D. et al. **Genomics of growth traits in forest trees**. Current opinion in plant biology, v. 12, n. 2, p. 148-156, 2009.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2023**. 2023.

LAMÊGO, V. et al. **Características morfológicas de mudas de eucalipto submetidas a diferentes doses de potássio**. Enciclopédia biosfera, v. 11, n. 21, 2015.

LOPES, Emerson Delano et al. **Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de Corymbia e Eucalyptus**. Floresta, v. 47, n. 1, p. 95-104, 2017.

MARCOLINO, Leandro. **Crescimento de clones de eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010.

MATIAS, S. V. B. G. **Desempenho silvicultural e qualidade da madeira de clones de Eucalyptus em sistemas de integração lavoura pecuária floresta**. 2015. 89 p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

MIRANDA, L. P. **Efeito de borda no inventário pré-corte de um povoamento Eucalyptus sp.** Diamantina-MG: UFVJM, 2016, 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

MIGUEL, Eder Pereira et al. **Alternative methods of scaling Eucalyptus urophylla trees in forest stands: compatibility and accuracy of volume equations**. iForest-Biogeosciences and Forestry, v. 11, n. 2, p. 275, 201

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112 p.

MORAIS, V. de M. **Dinâmica de crescimento de eucalipto clonal sob diferentes espaçamentos, na região noroeste do estado de Minas Gerais**. 2006. 63 f. 2006. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MORTE, C. F. B. **Produção inicial de plantios clonais de eucalipto em espaçamentos distintos no Distrito Federal**. 2020.

NOGUEIRA D. A.; PEREIRA G. M. **Desempenho de testes para homogeneidade de variâncias em delineamentos inteiramente casualizados**. Sigmae, v. 2, n. 1, p. 7-22, 31 Dec. 2013.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. D. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. **Crescimento e distribuição diamétrica de Eucalyptus camaldulensis em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais**. Floresta, v. 40, n. 4, 2010.

PEREIRA, D. G. L. **Influência do espaçamento de plantio em povoamento de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. no estado do Pará.** Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PINTO, S. I. C.; FURTINO NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; MORETTI, B. S. **Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 35 n. 2, p. 523-533, 2011.

PORFÍRIO, S. T. B. **Produtividade de um clone de *Eucalyptus urophylla* em função do espaçamento na região do Polo Gesseiro do Araripe.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

SEREGHETTI, G. C. et al. **Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto.** Energia na Agricultura, [s. l.] v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SHAPIRO, A. S. S., & WILK, M. B. (1965). **An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples).** Biometrika, 52(3/4), 591–611

SNIF, Sistema Nacional de Informações Florestais. **Florestas Naturais.** Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/os-biomas-e-suas-florestas#:~:text=A%20área%20de%20floresta%20do,apenas%202%25%20são%20florestas%20plantadas>. Acesso em: 20 dez. 2023.

STAPE, J. L. et al. **Fatores hídricos e as decisões de silvicultura, de melhoramento e de proteção na eucaliptocultura: O programa TECHS.** Encontro Brasileiro de Silvicultura, v. 3, n. 2014, p. 8198, 2014.

RIBEIRO, Maria Dolores dos Santos Barzotto et al. **Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos.** Ciência florestal, v. 27, p. 31-45, 2017.

ROSADO, Antônio Marcos et al. **Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, p. 964-971, 2012.

TATAGIBA, S.D. et al. **Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo.** Floresta, v.38, n.2, p.387-400, 2008.

TEIXEIRA, E. C.; LIMA, A. P. L. de; LIMA, S. F. de; SORATTO, D. N.; RAMOS, K. V.; SILVA, W. G. da. **Energetic potential of eucalyptus clones wood in different planting spacing.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e02973733, 2020.

TUKEY, J. W. (1949). **Comparing Individual Means in the Analysis of Variance.** Biometrics, 5(2), 99–114.

VERA, Damaris Elias et al. **Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio**. *Ciência Florestal*, v. 32, p. 504-522, 2022.

WATZLAWICK, Luciano Farinha; BENIN, Cristiane Carla. **Variáveis dendrométricas e produção de *Eucalyptus benthamii* em diferentes espaçamentos**. In: *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 111-120.

ZARO, Geovanna C. et al. **Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil**. *Agroforestry Systems*, v. 94, p. 799-809, 2020.