



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PRODUÇÃO INICIAL DE PLANTIOS CLONAIS DE EUCALIPTO EM  
ESPAÇAMENTOS DISTINTOS NO DISTRITO FEDERAL**

Caroline Freitas da Boa Morte

Brasília, 27 de novembro de 2020.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

FACULDADE DE TECNOLOGIA



Universidade De Brasília - UnB  
Faculdade De Tecnologia - FT  
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

## **PRODUÇÃO INICIAL DE PLANTIOS CLONAIS DE EUCALIPTO EM ESPAÇAMENTOS DISTINTOS NO DISTRITO FEDERAL**

Caroline Freitas da Boa Morte  
13/0105660

Linha de Pesquisa: Ciências Florestais  
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 Engenheira Florestal.

Brasília, 27 de novembro de 2020.

## FICHA CARALOGRÁFICA

FREITAS DA BOA MORTE, CAROLINE

Produção inicial de plantios clonais de eucalipto em espaçamentos distintos no Distrito Federal, 2020. 32 p. (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2020).

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

1. Cerrado. 2. Volume. 3. Altura. 4. Diâmetro.

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

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORTE, C. F. B. (2020). Produção inicial de plantios clonais de eucalipto em espaçamentos distintos no Distrito Federal. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 32 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Caroline Freitas da Boa Morte.

TÍTULO: Produção inicial de plantios clonais de eucalipto em espaçamentos distintos no Distrito Federal.

GRAU: Engenheira.

ANO: 2020.

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.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado forças para concluir mais um ciclo e ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da graduação.

Aos meus pais, Marisa e Edson, por todo suporte e oportunidades fornecidos. Vocês são exemplos a serem seguidos e a melhor base que eu poderia ter. Obrigada pela paciência, confiança, carinho, apoio e amor incondicional.

À minha avó Terezinha, por ter compartilhado comigo lições tão preciosas de vida. Obrigada pelos ótimos conselhos.

Ao meu irmão André Vinícius, por ser um ótimo amigo. Você é fundamental na minha vida. Amo você.

Ao professor Eder Pereira Miguel, pela orientação, correções e ensinamentos que me permitiram um melhor desempenho ao longo do estudo. Sua competência e dedicação à pesquisa são incentivadores e sempre levarei como exemplo.

Aos membros da banca, Professores Mauro Eloi Nappo de Oliveira e Ricardo de Oliveira Gaspar pela disponibilidade.

Aos professores do departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

Aos demais funcionários do departamento de Engenharia Florestal, pelas atitudes prestativas e por estarem sempre dispostos a ajudar.

À Universidade de Brasília, por proporcionar a oportunidade de realização de uma das fases mais importantes e ricas da minha vida acadêmica.

À ECOFLOR, empresa que mudou meu jeito de encarar o mundo e me ensinou a sair da zona de conforto.

Aos meus colegas de graduação, pelo companheirismo, pelos aprendizados e pelas trocas de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda. Em especial os amigos: Ádila, Danilo, Eduardo, Geovana, Greicielle, Jonas Inkotte, Maria Helena, Mariana Lyra, Raphael, Sarah e Welliton. Vocês são incríveis.

Aos meus amigos de longa data, por todos os momentos juntos, experiências e histórias, destaque: Thayse, Rafael, Ellen, Lívinny, Larissa Emanuelle, Luísa Gratão, Jéssica Ramos, Gabriella, Jéssica Ferreira e Luiz Amorim. E aos amigos que fiz durante o estágio, muito obrigada, Igor Bacon e Caio Santos.

## RESUMO

O sucesso produtivo dos povoamentos florestais de eucalipto depende do método silvicultural aplicado na condução das plantas durante sua rotação. As mensurações dendrométricas são técnicas que avaliam o desenvolvimento e a produtividade das florestas e, conseqüentemente, determinam o estoque de madeira. O ensaio foi conduzido na Fazenda Água Limpa – UnB, Brasília/DF, com o objetivo de avaliar a produtividade inicial de dois clones de eucalipto (GG 100 e AEC 1528) sob dois espaçamentos distintos (3x2 m e 3x3 m). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em esquema fatorial 2x2 (clone x espaçamentos), com quatro repetições por arranjo. As variáveis diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht) e volume (v) de todas as plantas contidas nas parcelas foram mensuradas aos 12 meses de idade. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância e, seqüencialmente, a análise de variância em esquema fatorial, por fim, as médias das variáveis estudadas foram comparadas pelo teste de médias de Tukey à 5% de probabilidade. A análise de variância demonstrou que o efeito espaçamento contribuiu de forma significativa na estimativa do volume dos plantios clonais no qual os espaçamentos mais adensados apresentaram maiores volumes por área. Entretanto, não houve diferença significativa na interação dos fatores (clone x espaçamento). Observou-se ainda que as características DAP e Ht quando analisadas individualmente não sofreram influências dos clones e dos espaçamentos de plantio.

Palavras-chave: Altura, Cerrado, Diâmetro, Povoamentos, Volume.

## ABSTRACT

The productive success of the eucalyptus forest stands depends on the silvicultural method applied in the conduction of the plants during their rotation. Dendrometric measurements are techniques that assess the development and productivity of forests and, consequently, determine the stock of wood. The test was conducted at Fazenda Água Limpa - UnB, Brasília / DF, with the objective of evaluating the initial productivity of two genetic materials of eucalyptus (GG 100 and AEC 1528) under two different spacings (3x2 m and 3x3 m). The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC) resulting in a 2x2 factorial scheme (clone x spacings), with four replications per arrangement. The variables diameter at breast height (DBH), total height (Ht) and volume (v) of all plants contained in the plots were measured at 12 months of age. The collected data were discovered by the homogeneity of variation test and, sequentially, an analysis of variation in a factorial scheme, finally, as means of the studied variables were compared by the Tukey means test at 5% probability. The analysis of variance that the spacing effect contributed to a lesser extent in the estimate of the volume of clonal plantations in which the denser spacing the largest volumes per area. However, there was no significant difference in the interaction of factors (clone x spacing). It was also observed that the DAP and Ht characteristics when analyzed individually were not influenced by clones and planting spacing.

Keywords: Cerrado, Diameter, Height, Settlements, Volume.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO .....	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
	2.1. Área de estudo .....	11
	2.2. Material biológico.....	11
	2.3. Delineamento experimental .....	12
	2.4. Dados de coleta.....	13
	2.4.1. Mensuração dos dados dendrométricos .....	13
	2.4.2. Análise descritiva .....	13
	2.4.3. Determinação do volume .....	14
	2.4.4. Análise estatística .....	15
3	RESULTADOS .....	18
4	DISCUSSÕES .....	22
	4.1. Sobrevivência .....	22
	4.2. Interação clone x espaçamento.....	22
	4.3. Avaliação do crescimento diâmetro .....	23
	4.4. Avaliação do crescimento altura.....	25
	4.5. Avaliação da produção volumétrica.....	26
5	CONCLUSÕES.....	27
6	REFERÊNCIAS .....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Esquema de implantação do povoamento nos tratamentos, clones, espaçamento, indicação da área vital e árvore por hectare .....	12
Tabela 02. Estrutura da análise de variância (ANOVA) do delineamento inteiramente casualizado .....	16
Tabela 03. Estatística descritiva da variável DAP mínimo, DAP máximo e DAP médio dos indivíduos de cada tratamento aos 12 meses de idade.....	19
Tabela 04. Resumo da análise de variância realizada sobre as variáveis dendrométricas DAP, Ht e volume por hectare ( $m^3 ha^{-1}$ ) para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 12 meses.....	20
Tabela 05. Valores médios das características de crescimento dos híbridos, GG 100 e AEC 1528, em: DAP, Ht, volume por hectare.....	20
Tabela 06. Valores médios e teste de comparação realizado para o volume em função dos espaçamentos e clones aos 12 meses de idade .....	21
Tabela 07. Efeito de espaçamento em características de crescimento da madeira. 21	
Tabela 08. Efeito de clones em características de crescimento da árvore.....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica da área de estudo ( $15^{\circ}58'01.9''S$ e $47^{\circ}54'17.1''O$ ). Imagem obtida no Google Maps. Data da imagem: 24/09/2020. ....	11
Figura 02. Croqui de instalação de experimento com híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> .....	13

## 1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

As florestas plantadas possuem alta importância mercadológica e econômica, essas florestas cobrem cerca de 284 milhões de hectares no mundo, dos quais 123 milhões de hectares correspondem a expansão dos últimos 30 anos. Essa área total de florestas plantadas representa 7% de toda composição florestal do planeta, ou seja, 93% (3,77 bilhões de hectares) é constituído por espécies florestais nativas (FAO, 2020).

Em âmbito nacional, a área total de árvores plantadas registrada em 2019 foi de 10,0 milhões de hectares, com aumento de 1,2% em relação a 2018. Desse valor, as áreas correspondentes a plantios com espécies do gênero *Eucalyptus* spp. foram de 7,6 milhões de hectares (IBGE, 2019; SNIF, 2019) distribuídos principalmente na região Sudeste, sendo Minas Gerais o estado com maior área plantada (28,3%), seguido do estado de São Paulo (17,3%) (IBÁ, 2019). A participação de florestas plantadas no Distrito Federal foi pequena, cerca de 3.492 hectares (SFB, 2019).

O Brasil exerce papel de destaque no setor florestal mundial por possuir excelentes condições climáticas e topográficas, extensão territorial, tecnologias e altos investimentos em pesquisas que proporcionam à produção florestal uma competitividade muito superior à observada nos demais países (BERGER et al., 2002; AQUINO, 2017; FERNANDES et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020).

As espécies conhecidas como eucalipto (gêneros *Eucalyptus*, *Angophora* e *Corymbia*) não são nativas do Brasil, porém ao serem introduzidas no país apresentaram rápido crescimento, alta adaptabilidade e boa produtividade, com incremento anual médio de 35,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (IBÁ, 2020). Essas características somadas à qualidade da madeira, aos múltiplos usos e ao custo reduzido de produção, tornam o país o detentor da mais notável eucaliptocultura mundial (REINER et al., 2011; SOUZA et al., 2020).

A expansão das plantações de eucalipto reforça a necessidade e a importância de realizar um planejamento florestal, com adoção e emprego de estratégias eficientes, as quais são obtidas por meio da otimização de técnicas e práticas silviculturais somadas aos materiais genéticos melhorados (FERREIRA et al., 2014). Um exemplo de resultado positivo são as técnicas de hibridação e de clonagem que permitem selecionar genótipos superiores melhor adaptados e produtivos sendo considerados fatores chave para o avanço produtivo da eucaliptocultura (XAVIER e

DA SILVA et. al., 2010; PALUDZYSZYN FILHO e DOS SANTOS et al., 2011; MATOS et al., 2012; FERNANDES et al., 2018).

Entre as técnicas de melhoramento, a clonagem visa obter plantas homogêneas com qualidades idênticas à planta mãe. Essa, quando aplicada em conjunto com o processo de hibridação (cruzamento de materiais genéticos de espécies diferentes), resulta em um material genético com características semelhantes aos materiais utilizados (SANTOS, 2005).

O cruzamento do *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* permitiu a combinação das qualidades individuais, onde o primeiro apresenta alto potencial para as zonas tropicais úmidas por ser tolerante a doenças como cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*), seca de ponteiros e gomose, além de sua grande plasticidade de adaptação e de utilização para os mais diversos fins, e o segundo apresenta alta capacidade produtiva, boas propriedades físicas e mecânicas e potencial de adaptação a diversos ambientes, com boa capacidade de brotação, por consequência, viabiliza a multiplicação e a alta produtividade por ser a base para a indústria de celulose e papel do Brasil. Esse cruzamento gerou o híbrido conhecido como Urograndis, um dos principais híbridos que compõem o setor florestal nas regiões que apresentam déficit hídrico significativo (SOUZA et al., 2004; PALUDZYSZYN FILHO e DOS SANTOS, 2011; SOARES, 2015).

O espaçamento de plantio é um dos fatores que afeta a produção e o manejo das florestas. A correta definição da área vital de desenvolvimento das plantas exerce um papel fundamental no estabelecimento, condução da floresta e custos de produção, uma vez que pode afetar diretamente a qualidade e o uso final da madeira (PROTÁSIO et al., 2014; MOULIN et al., 2015; RIBEIRO, 2017). O espaçamento tem sido estudado com o propósito de obter respostas quanto à demanda de cada material genético e qual o mais apropriado para cada sítio florestal e para cada uso em virtude das diferentes respostas à redução ou ampliação de espaçamentos de plantios (STAPE et al., 2010; BENIN et al., 2014; FERREIRA et al., 2014).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade inicial de dois materiais genéticos de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* (GG 100 e AEC 1528) sob dois espaçamentos distintos (3x3 m e 3x2 m), aos 12 meses de idade, localizados na Reserva Ecológica e Experimental Fazenda Água Limpa (FAL) – Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na Reserva Ecológica e Experimental Fazenda Água Limpa (FAL), pertencente à Universidade de Brasília (UnB) (Figura 01). A FAL possui uma área total de 4.390 ha com cerca de 300 ha destinados ao plantio de *Eucalyptus* spp.

O clima da região é classificado, de acordo com a classificação de Köppen (1939), como Aw, denominado tropical de inverno seco (ALVARES, 2013; CARDOSO, 2014) com temperatura máxima de 28,5°C e mínima de 12° e precipitação média anual é de 1.400 mm, com pronunciada estação seca de junho a setembro.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho com baixo nível de nutrientes, baixa retenção de água e baixa fertilidade (EMBRAPA, 2018) e a tipologia florestal predominante é o cerrado sentido restrito.



FONTE: BASE SICAD/2010 1:10.000, FOLHA 201. ELABORAÇÃO TEMÁTICA EM AMBIENTE ARCMAP 10.0. IMAGENS GOOGLE MAPS 2020.

**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo (15°58'01.9"S e 47°54'17.1"O). Imagem obtida no Google Maps. Data da imagem: 24/09/2020.

### 2.2. Material biológico

O material genético utilizado no experimento é composto por dois híbridos clonais de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* denominados comercialmente como clone GG 100 (Clone A) e AEC 1528 (Clone B), advindos de Luziânia/GO.

O clone GG 100 é de um híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, proveniente de plantios pertencentes à empresa Gerdau Florestal S.A., que se destaca por possuir bom desenvolvimento e madeira de boa qualidade com incremento médio anual (IMA) igual a 45 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, densidade básica igual a

576 kg m<sup>-3</sup> e teor de lignina igual a 26,10%. Contudo, possui alta mortalidade quando plantados em locais de baixa precipitação (PALUDZYSZYN FILHO e DOS SANTOS, 2013; R&S FLORESTAL, 2013).

O clone AEC 1528 é de um híbrido de polinização controlada de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* desenvolvido pela empresa ArcelorMittal Bioenergia LTDA. Em virtude de sua seleção para produção de carvão, o híbrido apresenta bom rendimento gravimétrico (50,41%). Apresenta 531 kg m<sup>-3</sup> de densidade básica e 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de incremento médio anual. É recomendado para cultivo em áreas com altitude de 700 a 1.000 m e precipitação média anual de 900 a 1.200 mm. Possui alta tolerância à ferrugem e ao psilídeo de concha. (PALUDZYSZYN FILHO e DOS SANTOS, 2013; R&S FLORESTAL, 2013).

O GG 100 é indicado para produção vegetal, energia, serraria e biomassa e o AEC 1528 é considerado um super clone indicado para lenha, carvão, cavaco, serraria e madeira tratada.

### 2.3. Delineamento experimental

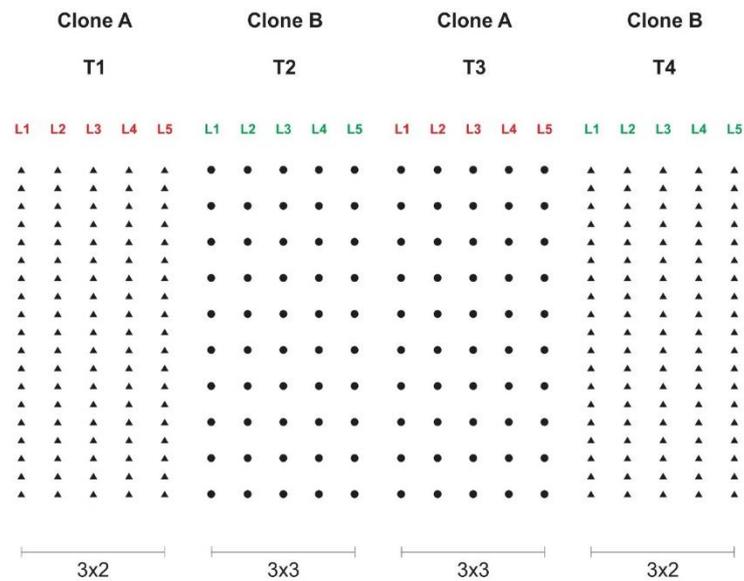
A instalação do experimento ocorreu no dia 10 de dezembro de 2018 através de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) disposto em um esquema fatorial 2x2, dois clones (fatores) e dois espaçamentos (níveis), totalizando 4 arranjos iniciais de plantio, conforme apresentados na Tabela 01.

**Tabela 01.** Esquema de implantação do povoamento nos tratamentos, clones, espaçamento, indicação da área vital e árvore por hectare.

Tratamentos	Clones	Arranjo	Espaçamento (m <sup>2</sup> )	Árvores ha <sup>-1</sup>
1	GG 100	3x2	6	1.667
2	AEC 1528	3x3	9	1.111
3	GG 100	3x3	9	1.111
4	AEC 1528	3x2	6	1.667

O plantio foi constituído de 5 linhas de plantio, contendo 423 árvores no total (Figura 02). A área foi subdividida em quatro subparcelas, totalizando 16 unidades experimentais. Com o intuito de reduzir o efeito de borda, as árvores localizadas nas margens da área de plantio foram desconsideradas, utilizando somente as 280 árvores centrais.

Os indivíduos que apresentaram bifurcações no tronco abaixo de 1,30 m de altura tiveram os fustes mensurados separadamente para diâmetro e altura.



**Figura 02.** Croqui de instalação de experimento com híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

## 2.4. Dados de coleta

### 2.4.1. Mensuração dos dados dendrométricos

A avaliação do crescimento dos clones ocorreu aos 12 meses após o plantio, em que foram mensuradas as variáveis circunferência à 1,30 m da superfície do solo (CAP) e altura total (Ht) das árvores vivas de cada parcela, por meio de uso de fita métrica e régua graduada (10 metros), respectivamente. Foi, ainda, registrado a ocorrência de falhas e mortalidade. Os dados de CAP foram transformados para diâmetro à altura do peito (DAP).

Para tal, utilizou-se a seguinte relação:

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

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito (cm); CAP = circunferência à 1,30 m da superfície do solo (cm);  $\pi$  = constante igual à 3,14159

### 2.4.2. Análise descritiva

Os dados das variáveis DAP, Ht e volume foram submetidas à análise estatística descritiva para obtenção do valor mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação.

Os dados de DAP foram organizados em 5 classes diamétricas com intervalo de 1 cm para cada classe, conforme proposto por Spiegel (1976). Logo, a distribuição diamétrica dos indivíduos foi classificada de acordo com o valor inteiro mais próximo de 1 cm, ou seja, os diâmetros foram agrupados de 1 em 1 cm.

O número de classes de diâmetro foi calculado de acordo com Spiegel (1976):

$$IC = \frac{A}{NC} \quad (2)$$

$$NC = 1 + 3,3 * \log(n) \quad (3)$$

Em que: IC = intervalo de classe; A = amplitude; NC = número de classes; n = número de indivíduos.

### 2.4.3. Determinação do volume

A determinação do volume real individual (m<sup>3</sup>) de madeira produzida em cada tratamento foi obtido através do método não-destrutivo de cubagem de árvores em pé proposto por Miguel et al., (2018). Para a realização da cubagem, foram selecionadas seis árvores nos tratamentos 1 e 3 e cinco árvores no tratamento 2 e 4, essa diferença se deu em função do espaçamento. A escolha das árvores foi baseada nos intervalos das classes diamétricas de cada tratamento. E, posteriormente, optou-se por acrescentar uma árvore de diâmetro médio em cada tratamento amostrado, totalizando 26 árvores cubadas de forma não destrutiva.

A coleta das circunferências foi realizada 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, assim como a altura total da árvore. Com os dados obtidos pela cubagem, o volume individual (v<sub>i</sub>) foi calculado a partir das “n” seções ao longo da altura total da árvore, conforme as seguintes equações (4) e (5):

$$g_i = \frac{\pi(d)^2}{40000} \quad (4)$$

$$V_i = \frac{(g_{in} - g_{in-1})}{2} * L \quad (5)$$

$$V_p = \frac{g_{2m} * (Ht - 2)}{2} \quad (6)$$

Em que:  $g_i$  = área seccional individual (m);  $\pi$  = constante igual à 3,14159;  $d$  = diâmetro (cm);  $V_i$  = volume da seção (m<sup>3</sup>);  $n$  = seções;  $L$  = comprimento da seção (m);  $V_p$  = volume da ponta;  $H_t$  = altura total (m);  $g_2$  = área seccional a 2 metros.

O volume total do fuste de uma árvore pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$V_{total} = \Sigma(V_i + V_{i+1} + \dots + V_{i+n}) + V_p \quad (7)$$

O somatório do volume individual das árvores acrescidos do volume da ponta (6) possibilitou a obtenção do volume total de cada parcela. Logo após, obteve-se o volume médio individual e o volume médio por hectare (8) para cada parcela.

$$V_{ha} = \frac{\Sigma V_i * N1}{N2} \quad (8)$$

Em que:  $\Sigma$  = somatório de volume médio individual (m<sup>3</sup>);  $N1$  = número de árvores por hectare (árvore ha<sup>-1</sup>);  $N2$  = número de árvores da parcela (árvore parcela<sup>-1</sup>).

#### 2.4.4. Análise estatística

De forma preliminar à análise de variância (ANOVA) (Tabela 02), realizou-se o teste de homogeneidade de variância segundo Bartlett (1937) à 5% de significância para todas as variáveis mensuradas no plantio (DAP, Ht) e as estimadas através de cálculos como o volume.

Os elementos que compõem o quadro da análise de variância (ANOVA) em esquema fatorial inteiramente casualizado estão apresentados na Tabela 02.

**Tabela 02.** Estrutura da análise de variância (ANOVA) do delineamento inteiramente casualizado.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F <sub>cal</sub>
Fator A	I-1	SQ <sub>A</sub>	QM <sub>A</sub>	F <sub>A-cal</sub>
Fator B	J-1	SQ <sub>B</sub>	QM <sub>B</sub>	F <sub>B-cal</sub>
Int. AxB	(J-1)(I-1)	SQ <sub>AxB</sub>	QM <sub>AxB</sub>	F <sub>AxB-cal</sub>
Tratamentos	IJ-1	SQ <sub>trat</sub>	QM <sub>trat</sub>	
Resíduos	JI	SQ <sub>res</sub>	QM <sub>res</sub>	
Total	JI-1	SQ <sub>total</sub>	-	-

I: nº de níveis de A; J: números de níveis de B; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio (variância); F<sub>cal</sub>: teste F para os fatores A e B.

O teste F tem emprego nas análises de variância dos delineamentos experimentais e é utilizado para comparar variâncias (FERREIRA, 1991). Antes de aplicar o teste, deve-se formular as hipóteses estatísticas:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_n$  ou  $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_n$  (pelo menos uma das médias é diferente das demais).

Em que:  $H_0$  = hipótese nula;  $H_1$  = hipótese alternativa;  $\mu$  = média;  $n$  = número da amostra.

Assim, as hipóteses que determinam o delineamento do estudo foram: a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) da análise que determina a ausência de efeito de tratamentos, ou seja, indica que não há diferença significativa entre as médias dos tratamentos e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) que determina a presença de efeito dos tratamentos, em outros termos, indica que existe diferença significativa entre os tratamentos.

Dessa forma, a regra de decisão é definida por:

Se:

$F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabelado}}$  ao nível de probabilidade de erro de 5%, rejeita-se  $H_0$ , ou seja, pelo menos duas médias dos tratamentos diferem entre si.

$F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$  ao nível de probabilidade de erro de 5%, não se rejeita  $H_0$  e conclui-se que as médias dos tratamentos são iguais.

O F calculado é dado por:

$$F_{cal} = \frac{QM_{trat}}{QM_{fator}} \quad (10)$$

Em que:  $F_{cal}$  = F calculado;  $QM_{trat}$  = quadrado médio do tratamento;  $QM_{fator}$  = quadrado médio do fator.

Sequencialmente, o teste de médias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) foi aplicado para comparação das médias quando apresentado diferença significativa no teste F.

Quando se aplica o teste de Tukey, analisa-se as seguintes hipóteses a respeito das médias:

$H_0: \mu_i - \mu_r = 0$  (tratamentos semelhantes);

$H_1: \mu_i - \mu_r \neq 0$  (tratamentos diferentes).

Em que:  $H_0$  = hipótese nula;  $H_1$  = hipótese alternativa;  $\mu$  = média.

Se:

$|\mu_i - \mu_r| \geq \Delta$ , rejeita-se  $H_0$ , ou seja, o teste é significativo, o que indica que as duas médias diferem entre si.

$|\mu_i - \mu_r| < \Delta$ , não se rejeita  $H_0$ , ou seja, o teste não é significativo, o que indica que as duas médias não diferem entre si.

Em que:  $\mu$  = média populacional;  $\Delta$  = a diferença mínima significativa.

Para tal comparação, calcula-se:

$$DMS (5\%) = \Delta = q_{5\%(n1;n2)} \sqrt{\frac{QM_{Res}}{r}} \quad (11)$$

Em que:  $DMS = \Delta$ : diferença mínima significativa;  $q$ : quantil tabelado à 5% de probabilidade;  $QM_{Res}$ : quadrado médio do resíduo;  $n1$ : número de médias;  $n2$ : número de graus de liberdade do resíduo;  $r$ : número de observações por tratamento (repetições).

Todas as análises estatísticas foram efetuadas por meio de planilha do Microsoft Excel versão 2016, pacote estatístico *Action Stat*.

### 3. RESULTADOS

Os híbridos clonais GG 100 e AEC 1528 apresentaram sobrevivência média acima de 96%. Aos 12 meses após plantio, os clones não apresentaram diferença estatística significativa quanto à sobrevivência. Os tratamentos 1 e 2 apresentaram duas falhas cada e o tratamento 4 apresentou 1 falha, totalizando 5 falhas. O tratamento 3 apresentou taxa de sobrevivência igual a 100%.

As avaliações da sobrevivência observadas neste trabalho são consideradas satisfatórias, uma vez que os tratamentos apresentaram taxas de mortalidade inferiores a 3% (Tabela 03). Desta forma, entende-se que as falhas observadas no estudo podem ser consideradas desprezíveis.

**Tabela 03.** Sobrevivência do plantio jovem de dois híbridos clonais no Distrito Federal.

Clones	Espaçamentos		Média Geral
	3x2	3x3	
A	98 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>
B	99 <sup>ns</sup>	97 <sup>ns</sup>	98 <sup>ns</sup>
Média Geral	98 <sup>ns</sup>	98 <sup>ns</sup>	98

<sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Na Tabela 04, encontra-se a síntese das informações das variáveis volume, altura e diâmetro por unidade área (hectare) para os tratamentos (clone x espaçamento).

O Tratamento 1 (clone A; espaçamento 3x2 m) apresentou maiores valores de coeficiente de variância (CV%) para as variáveis DAP e Ht, sendo 20,12% e 14,29%, respectivamente, seguido do Tratamento 3 (Clone A; espaçamento 3x3 m) com 18% e 12,38%. Observou-se que o crescimento em altura apresentou valores de CV% menores quando comparados ao crescimento em DAP, provavelmente devido a maior uniformidade que o crescimento em altura apresentou.

**Tabela 04.** Estatística descritiva para as variáveis diâmetro, altura total e volume por hectare de cada tratamento aos 12 meses de idade.

Tratamento	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV
DAP					
T1	1,27	5,79	4,32	0,87	20,12
T2	2,90	5,32	4,25	0,51	11,92
T3	1,59	5,95	4,63	0,84	18,00
T4	2,51	5,89	4,17	0,56	13,50
Ht					
T1	2,49	6,15	4,95	0,70	14,20
T2	3,77	5,97	4,98	0,44	8,86
T3	2,63	6,03	5,15	0,64	12,38
T4	3,00	6,25	5,21	0,62	11,86
Vol					
T1	7,01	9,50	8,63	1,10	12,79
T2	5,07	6,01	5,35	0,44	8,23
T3	5,27	7,81	6,78	1,10	16,22
T4	5,62	8,90	7,76	1,48	19,09

DP: Desvio Padrão; CV: coeficiente de variação (%); \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ); ns: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Vol: volume ( $m^3 ha^{-1}$ ) das árvores cubadas.

As variáveis mensuradas DAP, Ht e o volume estimado foram submetidos à análise de homogeneidade de variância, os quais não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Logo, as informações de todas as variáveis foram submetidas a análise de variância arranjo fatorial, considerando tratamentos inteiramente casualizados (DIC), que contém o efeito dos clones, dos espaçamentos e da interação clone x espaçamento sobre as variáveis avaliadas (Tabela 05).

**Tabela 05.** Resumo da análise de variância realizada sobre as variáveis dendrométricas DAP, Ht e volume total e mortalidade para os dois clones nos dois espaçamentos, aos 12 meses.

FV	GL	Quadrado médio			
		Mortalidade	DAP	Ht	Vol
Clone	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	5,26 <sup>ns</sup>
Espaçamento	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	18,12 <sup>*</sup>
Clone x Espaçamento	1	0,56 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
Tratamentos	3	0,23	0,16	0,07	7,89
Resíduos	12	0,23	0,07	0,09	1,20
Total	15				
CV			6,00	6,03	15,39

FV: fator de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação (%); \*: significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p > 0,05$ ); <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Vol: volume por hectare ( $m^3 ha^{-1}$ ) das árvores cubadas.

De acordo com os resultados do teste F, constatou-se que o clone e a interação clone x espaçamento não apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para as variáveis dendrométricas diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht) e volume, os quais apresentaram valores médios de 4,35 cm, 5,07 m e 7,13  $m^3$ , respectivamente (Tabela 06).

**Tabela 06.** Valores médios das características de estoque dos híbridos, GG 100 e AEC 1528, em: DAP, Ht, volume por hectare.

Clone	Tratamento	Espaçamento	Mortalidade	DAP	Ht	Vol
A	T1	3x2	0.50 <sup>ns</sup>	4,32 <sup>ns</sup>	4,95 <sup>ns</sup>	8.63 <sup>*</sup>
	T3	3x3	0.50 <sup>ns</sup>	4,63 <sup>ns</sup>	5,15 <sup>ns</sup>	6.78 <sup>*</sup>
B	T4	3x2	0.00 <sup>ns</sup>	4,17 <sup>ns</sup>	5,21 <sup>ns</sup>	7.76 <sup>*</sup>
	T2	3x3	0.25 <sup>ns</sup>	4,25 <sup>ns</sup>	4,98 <sup>ns</sup>	5.35 <sup>*</sup>
Médias Gerais			0,31 <sup>ns</sup>	4,35 <sup>ns</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	7,13 <sup>*</sup>

Espaçamento (m); DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Volume ( $m^3 ha^{-1}$ ); <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); \*: significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados da Tabela 05, houve diferença estatística somente entre os espaçamentos de implantação da floresta, os efeitos dos clones e

da interação dos clones x espaçamentos não apresentaram diferença estatística significativa.

Posteriormente, foi realizado o desdobramento do efeito do espaçamento na produção volumétrica dos diferentes clones (Tabela 07).

**Tabela 07.** Valores médios e teste de comparação realizado para o volume em função dos espaçamentos e clones aos 12 meses de idade.

Clones	Espaçamentos		Média Geral
	3x2 (6m <sup>2</sup> )	3x3 (9m <sup>2</sup> )	
Clone A	8,63 aA	6,78 bA	7,70 <sup>ns</sup>
Clone B	7,76 aA	5,35 bA	6,56 <sup>ns</sup>
Média Geral	8,19*	6,06*	7,13

Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre os espaçamentos e, maiúscula entre os clones, não diferem entre si pelo teste de significância de Tukey a 5% de significância.

O valor do  $q_{\text{tabelado}}$  encontrado foi 3,4, resultando em uma DMS ( $\Delta$ ) igual a 1,83 e o valor da diferença das médias dos espaçamentos foi 2,13, os quais permitiram constatar que houve efeito significativo do espaçamento para a variável volume ( $p > 0,05$ ). Com isso, é possível afirmar que os espaçamentos adotados para diferentes clones influenciam na produtividade volumétrica da floresta em questão, onde em plantios iniciais mais adensados, com espaçamentos menores, o volume foi maior quando comparadas aos plantios com espaçamentos maiores.

O valor médio do volume por hectare no espaçamento 3x2 m foi 35% superior ao espaçamento 3x3 m. Contudo, esse efeito sobre o volume não foi semelhante para as características de crescimento da árvore, como DAP e Ht (Tabela 08).

**Tabela 08.** Efeito de espaçamento em características de crescimento da árvore.

Espaçamentos	Variáveis		
	DAP	Ht	Vol
3x2 (m)	4,25 <sup>ns</sup>	5,08 <sup>ns</sup>	8,19 *
3x3 (m)	4,44 <sup>ns</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	6,06 *

DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Volume (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); \*: significativo a 5% de probabilidade.

Analisando o efeito de clone, não foram constatadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) (Tabela 09).

**Tabela 09.** Efeito de clones em características de crescimento da árvore.

Clones	Variáveis		
	DAP	Ht	Vol
A	4,478 <sup>ns</sup>	5,048 <sup>ns</sup>	7,70 <sup>ns</sup>
B	4,213 <sup>ns</sup>	5,099 <sup>ns</sup>	6,56 <sup>ns</sup>

DAP: diâmetro a altura do peito (cm); Ht: altura total (m); Volume ( $m^3 ha^{-1}$ ). <sup>ns</sup>: não significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ) Clone A: GG 100; Clone B: AEC 1528.

## 4. DISCUSSÕES

### 4.1. Sobrevivência

Os clones GG 100 e AEC 1528 demonstraram bom desenvolvimento inicial na região do Distrito Federal para os tratamentos aos 12 meses de idade, evidenciando boa adaptação desses materiais genéticos no campo. Os valores de sobrevivência encontrados nesse estudo são semelhantes aos observados em vários estudos com diferentes híbridos de eucalipto (AQUINO, 2017; FERNANDES et al., 2017; SOUZA et al., 2020) com variação de 92 a 100%.

Em florestas plantadas, é desejado um desempenho de sobrevivência superior a 90% para que não haja danos significativos ao estabelecimento de populações florestais, valor de referência para a indicação de espécies. Portanto, ambos os clones avaliados no presente estudo são considerados promissores para as condições edafoclimáticas do estudo.

### 4.2. Interação clone x espaçamento

A interação clone x espaçamento não foi significativa para as variáveis estudadas, seguindo o mesmo comportamento observado por Tavares et al. (2020), que avaliou o efeito dos espaçamentos (3x2 m e 3x3 m) nas características dendrométricas de três clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, aos 60 meses. O mesmo padrão sobre as variáveis dendrométricas também foi descrito por Bouvet (1997) em plantios clonais de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus tereticornis* submetidos aos diferentes espaçamentos. Porém, esses autores comprovaram que houve baixa interação entre clone x espaçamento, a partir do 11º mês, ainda que a diferença tenha sido pequena sobre o crescimento das árvores, esse resultado pode ter sido obtido pela diferença de material genético ou local em que foi introduzido, neste caso no continente africano.

Lopes et al. (2017) verificaram que a interação clone x espaçamento foi significativa ( $p < 0,05$ ) para as variáveis dendrométricas altura total (Ht), diâmetro a altura do peito (DAP) e o volume por hectare ao avaliarem híbridos de *Eucalyptus* e *Corymbia* conduzidos em diferentes espaçamentos de plantio: 3x3 m ( $9 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), 3x1,5 m ( $4,5 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), e 3x1 m ( $3 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), aos 12 meses de idade. Em que os plantios mais adensados 3x1 m ( $3 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) e 3x1,5 m ( $4,5 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), assim como no presente trabalho 3x2 m ( $6 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), são mais produtivos em volume  $\text{ha}^{-1}$ . Os resultados reforçam que a diferença produtiva ocorre pela redução da área vital, ou seja, os plantios possuem um maior número de indivíduos por área.

Os efeitos do espaçamento influenciam no crescimento das espécies florestais e na produtividade dos povoamentos, por isso possuem uma grande importância para os avanços e aspectos tecnológicos e econômicos da madeira produzida (MORA, 1986; PATIÑO-VALERA, 1986). A escolha de materiais geneticamente melhorados e a utilização de espaçamentos não tradicionais apresentam resultados significativos, no entanto, interferem na colheita e no desbaste, necessitando de mais intervenções no plantio (AQUINO, 2017; FERRAZ FILHO et al., 2018).

#### **4.3. Avaliação do crescimento diâmetro**

As variáveis de crescimento avaliadas não apresentaram diferenças significativas no estágio inicial, todavia, os valores de DAP foram maiores nos espaçamentos menos densos (3x3 m). Esse resultado pode ter ocorrido devido a influência da área vital (espaçamento) no desenvolvimento da planta, em que os espaçamentos mais amplos tendem a aumentar o crescimento em diâmetro, o que não ocorre em plantios mais adensados (OLIVEIRA NETO et al., 2010; LOPES, 2017). O espaçamento adotado como ideal é aquele capaz de produzir o maior volume de madeira, em tamanho, forma e qualidade desejável de acordo com o objetivo final de uso da madeira produzida em um plantio e o grau de mecanização das operações florestais (PATIÑO VALERA, 1986; REINER et al., 2011; FERREIRA et al., 2014).

O espaçamento adotado para a formação de povoamentos florestais influencia a dinâmica de crescimento. Em que, os plantios menos densos, ou seja, com espaçamentos amplos tendem a promover o crescimento dos povoamentos em diâmetro. Enquanto, os plantios mais densos, ou seja, aqueles com um maior número

de indivíduos e por consequência com menores áreas vitais tendem a reduzir o desenvolvimento dos DAPs (LOPES et al., 2017).

À medida que as plantas crescem ocorre a redução natural da área vital (útil) de cada indivíduo. Com isso, inicia um processo de intensa competição por recursos naturais como água, luz e nutrientes. No solo, a proximidade dos sistemas radiculares das plantas aumenta a competição por água e nutrientes em espaçamentos mais adensados afetando o crescimento diamétrico das plantas (STAPE et al., 2010; LOPES et al., 2017). Essa disputa entre plantas por melhores condições ambientais e recursos não ocorre em plantios novos, ou com pouca idade. Por isso, o resultado do presente trabalho não apresentou diferença estatística significativa para o DAP aos 12 meses.

Os resultados obtidos também estão de acordo com os encontrados por Fernandes et al. (2018), os quais realizaram um teste de desempenho produtivo composto por seis materiais genéticos de eucalipto clonal, na Bahia, em que não foram encontradas diferenças para os tratamentos entre as variáveis altura e DAP aos 12 meses de idade.

De mesmo modo, Correia et al. (2012) determinaram que não houve variação dessas variáveis aos 12 meses (365 dias) após o plantio de mudas clonais de eucalipto em Minas Gerais, mas comprovaram que houve diferenças estatísticas nos valores de DAP e altura entre 3 e 6 meses (90 e 180 dias) de idade. O monitoramento de plantios clonais é mais preciso quando avaliado na idade índice, pois pode ocorrer clones com bom desempenho inicial e menor desempenho em idade mais avançada e mesmo o contrário, clones com desempenho inicial não muito satisfatórios, que se aproximam do estoque desejável com a aproximação da idade índice.

Compreendendo a dinâmica de crescimento e o processo de competição que existe em plantios mais velhos torna-se necessário realizar um acompanhamento deste experimento ao longo do tempo. Afinal, ao realizar novas mensurações será possível determinar o momento, ou a idade, em que o espaçamento influenciará a variável DAP. Finalmente, isso permitirá comparar com diversos estudos, em que clones de *Eucalyptus* ssp. sob diferentes espaçamentos foram avaliados (BERGER et al., 2002; BOUVET et al., 2005; OLIVEIRA NETO et al., 2010; AQUINO, 2017; MOULIN et al., 2017; GUIMARÃES, et al., 2020; TAVARES et al., 2020).

#### 4.4. Avaliação do crescimento altura

Para o crescimento em altura, os valores obtidos no presente estudo foram semelhantes e não apresentaram diferença estatística significativa, corroborando com os resultados discutidos por Berger et al. (2002) onde não notaram respostas significativas no crescimento em altura com o aumento do espaçamento em *Eucalyptus saligna* Smith. De maneira geral, em florestas plantadas jovens, a variável altura é pouco ou nada afetada pelos espaçamentos tradicionais (3x2 m; 3x1,5 m e 3x3 m), no entanto, a velocidade de crescimento a partir do início da competição é influenciada pelo espaçamento.

Existem casos em que a altura média das plantas na fase jovem de crescimento aumenta à medida que o espaçamento é menor e, em outros casos, o resultado é o contrário (BOTELHO, 1998; REINER, et al., 2011; AQUINO, 2017), pois essas influências dependem das idades, das características de cada espécie e podem ser positivas ou negativas com o aumento ou redução do espaçamento (BENIN et al., 2014). Entretanto, os resultados obtidos não seguiram um padrão, ao contrário dos relatos observados na literatura.

Figueiredo et al. (2011) ao avaliar o crescimento da altura total de clones de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* até 12 meses após plantio, em Carlos Chagas, Minas Gerais, encontraram um valor médio de 5,94 m, conforme os encontrados nesse trabalho, 5,07 m. Deve-se ressaltar que os ambientes avaliados pelos autores citados possuem vegetação e características climáticas muito semelhantes.

De acordo com Silva (2005) e Reiner et al. (2011), as diferenças no crescimento em altura de plantios clonais de eucalipto são significativas após o terceiro ano (36 meses), momento em que o efeito do arranjo espacial se destaca. Kirongo et al. (2012) avaliaram o efeito do espaçamento x genótipo x idade no crescimento em altura e diâmetro de eucalipto (GC 10 e GC 167 e *E. grandis*) em duas regiões do Kenya aos 6, 12, 18, 26 e 36 meses e constataram que a altura média total das árvores apresentou diferença significativa apenas aos 36 meses. Em muitos casos, a variável altura total é influenciada pela interação espaçamento x clone x idade (AQUINO, 2017). Esses valores demonstram que o presente estudo não apresentou diferenças estatísticas significativa por se tratar de um povoamento jovem (12 meses).

#### 4.5. Avaliação da produção volumétrica

Os resultados do efeito de espaçamento foram estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ) para o volume por hectare, logo o espaçamento influencia a produção volumétrica em plantios híbridos clonais de eucaliptos jovens aos 12 meses de idade. Sendo que os espaçamentos mais densos ( $1.667 \text{ árvores ha}^{-1}$ ) apresentaram maior produção total por hectare quando comparados aos espaçamentos menos densos ( $1.111 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), essa diferença produtiva é reflexo da densidade adotada entre os tratamentos, pois a variação no número de indivíduos é de aproximadamente 556 plantas.

Quando plantios mais densos (com espaçamentos menores) são utilizados, a tendência é produzir plantas que apresentam toras de menor diâmetro. Além disso, a competição entre os indivíduos que compõem essa floresta sofrerá o processo de dominância em que uma quantidade de árvores será suprimida, comprometendo o volume final produzido (SOARES, 2015).

Lopes et al. (2017), ao avaliar a influência do espaçamento no crescimento inicial de clones *Eucalyptus urophylla* em Minas Gerais, observaram que o espaçamento tem efeito considerável no crescimento volumétrico das árvores aos 12 meses após o plantio. O autor constatou uma produção volumétrica média por hectare de  $8,29 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ,  $13,64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e  $18,20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  para os espaçamentos  $3 \times 3 \text{ m}$  ( $1.111 \text{ árvores ha}^{-1}$ ),  $3 \times 1,5 \text{ m}$  ( $2.222 \text{ árvores ha}^{-1}$ ) e  $3 \times 1 \text{ m}$  ( $3.333 \text{ árvores ha}^{-1}$ ), respectivamente. Pode-se inferir que os espaçamentos menores apresentam maior volume médio por hectare para as idades iniciais, em razão da maior densidade de árvores por unidade de área. Essa tendência de crescimento corrobora com os valores encontrados no presente estudo.

Em espaçamentos maiores obtém-se o melhor rendimento individual em volume, ou seja, em arranjos maiores a planta apresenta um melhor crescimento em relação aos indivíduos submetidos a espaçamentos menores devido à maior disponibilidade de recursos por planta. De maneira geral, o plantio jovem apresenta baixo volume individual de madeira em relação aos espaçamentos maiores, contudo, na soma final, resultam em maior volume de área total devido ao maior número de árvores por área em menores espaçamentos (BERGER et al., 2012; SEREGHETTI et al., 2015; MOULIN et al., 2017). A capacidade produtiva do povoamento é reflexo da

interação genótipo (clone) e ambiente, ou seja, a produção total futura será a mesma independente do espaçamento.

As densidades dos plantios florestais influenciam diretamente no uso do potencial do sítio, acarretando, de forma positiva ou negativa, efeitos sobre a disponibilidade e a utilização dos recursos naturais disponíveis no local (luz, nutrientes e água). Quando a densidade é elevada, ocorre a competição por esses recursos, o que compromete a produção, por outro lado, em densidades baixas o sistema de produção pode estar aproveitando de forma errada o potencial produtivo do sítio (SOARES, 2015).

A determinação de espaçamentos adequados para o plantio de espécies florestais como o eucalipto é de suma importância, haja vista a influência no potencial de crescimento, bem como na produtividade das plantas, principalmente em regiões onde os solos apresentam baixa fertilidade e disponibilidade hídrica, como é o caso do cerrado presente no Distrito Federal.

## **5. CONCLUSÕES**

Os clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, GG 100 e AEC 1528 não apresentaram diferença estatística para as variáveis DAP, Ht e volume total aos 12 meses de idade.

A interação dos fatores clone x espaçamento não apresentou diferença estatística para as variáveis DAP, Ht e volume total aos 12 meses de idade.

O espaçamento apresentou diferença estatística para a variável volume dos plantios clonais aos 12 meses de idade.

O espaçamento 3x2 m proporcionou maior produção volumétrica total do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 12 meses de idade, plantados na região de Brasília, DF.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AQUINO, Priscila Sales Rodrigues. Crescimento inicial de eucalipto em função do espaçamento utilizando delineamento sistemático tipo “Leque”. 2017.
- BARTLETT, Maurice S. The statistical conception of mental factors. **British journal of Psychology**, v. 28, n. 1, p. 97, 1937.
- BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 7, n. 1, p. 55-61, 2014.
- BERGER, Rute et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.
- BOUVET, Jean-Marc. Effect of spacing on juvenile growth and variability of *Eucalyptus* clones. **Canadian journal of forest research**, v. 27, n. 2, p. 174-179, 1997.
- BOUVET, Jean-Marc; VIGNERON, Philippe; SAYA, Aubin. Phenotypic plasticity of growth trajectory and ontogenic allometry in response to density for *Eucalyptus* hybrid clones and families. **Annals of Botany**, v. 96, n. 5, p. 811-821, 2005.
- CARDOSO, Murilo Raphael Dias; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; BARROS, Juliana Ramalho. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.
- CORREIA, Anne Caroline Guieiro et al. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Cerne**, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 25 set. 2020.
- FAO, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Global Forest Resources Assessement**. Key findings. Rome. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

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, n. 2, 2018.

FERRAZ FILHO, Antonio C. et al. Thinning regimes and initial spacing for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 255-265, 2018.

FERREIRA, Dereck Halley Anthony Alves et al. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 431-440, 2014.

FERREIRA, Paulo Vanderlei. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. Edufal, 1991.

FIGUEIREDO, Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis et al. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

GUIMARÃES, Vitor Moreira; SOARES, Thelma Shirlen; CRUZ, Edmilson Santos. Influência do espaçamento em primeira e segunda rotação de eucalipto manejado sob regime de curta rotação. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-10, 2020.

IBÁ, Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório IBÁ 2019**. 2019. Brasília: IBÁ. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 18 out. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br> e [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2018\\_v33\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf). Acesso em: 18 out. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br> e [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs\\_2019\\_v34\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2019_v34_informativo.pdf). Acesso em: 18 out. 2020.

KIRONGO, Balozzi B. et al. Spacing and genotype on height and diameter growth of four *Eucalyptus* under short rotation. **Jurnal Manajemen Hutan Tropika**, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2012.

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.

MARTINS, R. J.; SEIXAS, Fernando; STAPE, José Luis. Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 83, p. 253-263, 2009.

MATOS, Gilson Sergio Bastos de et al. Desenvolvimento inicial e estado nutricional de clones de eucalipto no nordeste do Pará. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 491-500, 2012.

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, 2018.

MORA, Admir Lopes. **Interação com espaçamentos e locais em clones de *Eucalyptus spp.* no norte do Estado da Bahia**. 1986. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOULIN, Jordão Cabral et al. Efeito do espaçamento, da idade e da irrigação nos componentes químicos da madeira de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 199-208, 2015.

MOULIN, Jordão Cabral et al. Efeito do espaçamento, idade e irrigação no volume e densidade básica do eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

OLIVEIRA NETO, Sílvio Nolasco et al. 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.

OLIVEIRA, Athila Leandro de et al. Forest Replacement in Brazil: A Fundamental Policy for Forestry. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 4, 2020.

PALUDZYSZYN FILHO, Estefano; DOS SANTOS, Paulo Eduardo Telles. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico**, 2013.

PALUDZYSZYN FILHO, Estefano; DOS SANTOS, Paulo Eduardo Telles. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. **Embrapa Florestas-Documentos**, 2011.

PATINHO-VALERA, F. **Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* e sua interação com o espaçamento**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). 192p.

PROTÁSIO, Thiago de Paula et al. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus spp* visando à produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 465-477, 2014.

R&S FLORESTAL. 2013. Disponível em: <http://www.rsflorestal.com.br/site/>. Acesso em: 29 out. 2020.

REINER, Driéli Aparecida; SILVEIRA, Edson Roberto; SZABO, Marcia Sayuri. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus Scyentífica, Pato Branco**, v. 6, n. 1, 2011.

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, n. 1, p. 31-45, 2017.

SANTOS, Sheila Rodrigues dos. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO, A.F. **Biometria Florestal**. Lavras, UFLA/FAEPE, 1998. 310p.

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**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SFB, Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em resumo - Edição 2019**. Brasília: SFB, 2019. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes/1737-florestas-do-brasil-em-resumo-2019>. Acesso em: 30 de out. 2020.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

SNIF, Sistema Nacional de Informações Florestais. **Boletim SNIF 2019**. Ed. 01. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4574-boletim-snif-ed1-2019/file>. Acesso em: 18 out. 2020.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; DE SOUZA, A. L. (a) **Dendrometria e inventário florestal**. UFV, 2ed., 2011.

SOARES, Fernando da Silva. Produtividade de plantios florestais de eucalipto sob diferentes materiais genéticos e espaçamentos no município de Morada Nova de Minas/MG, 2015.

SOUZA, CR de et al. Comportamento da *Acacia mangium* e de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em plantios experimentais na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 95-101, 2004.

SOUZA, Hudson Santos et al. Crescimento de eucalipto em diferentes arranjos espaciais de sistemas silvipastoris no município de Santa Rita do Trivelato–Mato Grosso. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 1, p. 847-853, 2020.

SPIEGEL, M. R. **Estatística: resumo da teoria**. Tradução de Cosentino, P. 1976.

STAPE, Jose Luiz et al. The Brazil *Eucalyptus* Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

TAVARES, A. P. C. et al. Dendrometric characteristics and basic wood density of *Eucalyptus* clones in different spacing. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 3, p. 104-108, 2020.

XAVIER, Aloisio; DA SILVA, Rogério Luiz. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomia Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.