

## Nota Técnica

# Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio

Growth and form of eucalyptus trees in function of plant density

Damaris Elias Vera<sup>I</sup>  
Valdemir Antônio Laura<sup>II</sup>  
André Dominghetti Ferreira<sup>III</sup>  
Allan Motta Couto<sup>I</sup>

<sup>I</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Aquidauana, MS, Brasil

<sup>II</sup>Pesquisador Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil

<sup>III</sup>Pesquisador Embrapa Café, Brasília, DF, Brasil

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência das densidades de plantio sobre o crescimento e forma das árvores de *Eucalyptus urophylla*, implantadas em distintas densidades de plantio na região central de Mato Grosso do Sul. Para tal, foi disposto, em área experimental da Embrapa Gado de Corte, um talhão segundo um plano experimental em roda de competição proposto por Nelder (1962), apresentando 16 densidades de plantio correspondentes a: 1313, 1167, 1037, 922, 819, 728, 647, 576, 512, 455, 404, 359, 319, 284, 252 e 224 árvores ha<sup>-1</sup>. As variáveis mensuradas aos 68 meses foram: DAP, altura total, altura de inserção e comprimento de copa, volume individual e por área, conicidade e fator de forma. Os dados foram processados em delineamento inteiramente casualizado sendo considerados como tratamentos as densidades de plantio. Por meio dos resultados, foi possível observar que quanto menor a densidade de plantio maior os valores encontrados para DAP, comprimento de copa, volume individual e conicidade. Verificou-se uma relação inversa entre a densidade de plantio e altura, inserção de copa e volume por área. Para altura, as densidades de plantio médias apresentaram resultados maiores, que das densidades das extremidades, sendo esse parâmetro mais influenciado pela bordadura do plantio. O fator de forma não foi afetado pela densidade de plantio. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que diferentes densidades de plantio afetam diretamente o crescimento e variáveis dendrométricas.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus urophylla*; Roda de competição; Variáveis dendrométricas

## ABSTRACT

---

The objective of this study was to evaluate the influence of planting densities on the growth and shape of *Eucalyptus urophylla* trees, implanted in different planting densities in the central region of Mato Grosso do Sul. Therefore, a field in an experimental area of Embrapa Gado de Corte was displayed according to an experimental plan in competition wheel proposed by Nelder (1962), presenting 16 planting densities corresponding to: 1313, 1167, 1037, 922, 819, 728, 647, 576, 512, 455, 404, 359, 319, 284, 252 and 224 trees ha<sup>-1</sup>. The variables measured in 68 months were: DBH, total height, insertion height and crown length, individual volume and by area, taper and form factor. The data was processed in a completely randomized design with planting densities considered as treatments. It was possible to observe through the results that the lower the planting density, the higher the values found for DBH, crown length, individual volume and taper. Also, there was an inverse relationship between planting density and height, canopy insertion and volume per area. In terms of height, the medium planting densities showed higher results than the densities of the extremities, being this parameter more influenced by the border of the planting. The form factor was not affected by the planting density. Based on the results achieved, the conclusion was that different planting densities directly affect growth and dendrometric variables.

**Keywords:** *Eucalyptus urophylla*; Competition wheel; Dendrometric variables

## 1 INTRODUÇÃO

A densidade de plantio das árvores nos plantios florestais exerce influência direta sobre a produtividade. Conseqüentemente, haverá forte influência da densidade de plantio sobre o custo de implantação e sobre as variáveis dendrométricas das árvores, resultando também em um efeito direto na qualidade final do plantio (REINER; SILVEIRA; SZABO, 2011). Portanto, conhecer os efeitos da densidade de plantio é de suma importância ao silvicultor, principalmente se esse visa obter um produto com maior valor agregado.

As avaliações do desempenho silvicultural de plantios de *Eucalyptus spp.* em diferentes espaçamentos, por meio de mensuração florestal, possibilitam identificar relações entre a densidade de plantio e a produção ao longo do período de operação da atividade florestal (SANTOS *et al.*, 2016). O planejamento e o manejo florestal permitem melhorar as propostas silviculturais, com isso, há a necessidade de desenvolvimento de novas ferramentas para a quantificação dos resultados que

são necessários para a otimização do potencial madeireiro (BELTRAN *et al.*, 2017), auxiliando assim na tomada de decisão para a escolha do espaçamento que melhor se enquadre nas características desejadas.

O eucalipto pode ser plantado do modo convencional, com espaçamentos mais reduzidos, resultando em maior quantidade de árvores por hectare, ou como vem sendo utilizado em sistemas integrados (chamados integração lavoura-pecuária-floresta - ILPF) com espaçamentos maiores. Plantios florestais de eucalipto com objetivo de produção de matéria-prima para a indústria de celulose e carvão vegetal geralmente utilizam o espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, resultando no estande de 1666 plantas por hectare. Para ILPF, o espaçamento é mais amplo, podendo ocorrer densidade de plantio menor que 500 árvores por hectare (BUNGENSTAB, 2012).

Nos sistemas de ILPF, os componentes agrícola, pecuário e florestal interagem entre si de modo sinérgico. Para tanto, as relações existentes entre os componentes do sistema devem ser planejadas, demandando maiores espaçamentos no plantio entre as linhas das árvores, com o objetivo de maximizar os efeitos benéficos dessas interações (ALVES; LAURA; ALMEIDA, 2015).

O espaçamento florestal tem como objetivo proporcionar espaço suficiente para cada árvore obter máximo crescimento com melhor qualidade e menor custo. Na fase inicial, as plantas encontram os elementos essenciais para seu crescimento em quantidades adequadas, mesmo em alta densidade. Porém, após alguns anos de crescimento ocorre aumento na demanda e as plantas entram em competição por luz, água, nutrientes e espaço para desenvolvimento da copa e raízes (SILVEIRA; REINER; SMANIOTTO, 2014).

Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência das densidades de plantio sobre o crescimento e forma das árvores de *Eucalyptus urophylla*, implantado em distintas densidades de plantio na região central de Mato Grosso do Sul.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização experimental

O estudo foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, no município de Campo Grande - MS. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região situa-se na faixa de transição entre o subtipo Cfa - mesotérmico úmido sem estiagem e o subtipo Aw - tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Cerca de 75% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. Os *deficit* hídricos ocorrem com maior intensidade nos meses de menor temperatura, nos quais a média das temperaturas mínimas é abaixo de 15°C, sendo agosto o mês mais seco. A temperatura média anual é de 21,7°C e a precipitação pluvial de cerca de 1450 mm (MOTTA *et al.*, 2013).

A área experimental foi ocupada por mais de 20 anos com *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster cv. Basilisk. Para a implantação do experimento, foi realizada a dessecação da gramínea com o herbicida glifosato. A correção da acidez do solo foi realizada por meio da aplicação em superfície de 2,0 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (85% PRNT) logo após a operação de dessecação, sendo incorporado por meio de aração e gradagem. Após 15 dias da aplicação do calcário, realizou-se a abertura dos sulcos de plantio, nos quais foram aplicados 200 gramas por metro do fertilizante 06-30-06 com 0,5% de zinco, 0,7% de boro e 0,5% de cobre.

Em dezembro de 2012, foi realizado o plantio com mudas comerciais de *Eucalyptus urophylla*, utilizando o próprio tubete da muda para abrir a cova de plantio, com uma área total de 1,53 hectares segundo plano experimental de roda de competição.

A adubação de cobertura nas plantas de eucalipto foi realizada em três parcelas (um, três e nove meses após o plantio), com aplicação do fertilizante 20-00-20 com 0,5% de boro, sendo aplicados 75 gramas planta<sup>-1</sup> aos 30 dias do plantio e 120 gramas planta<sup>-1</sup> em cada uma das demais coberturas.

## 2.2 Descrição da Roda de Nelder

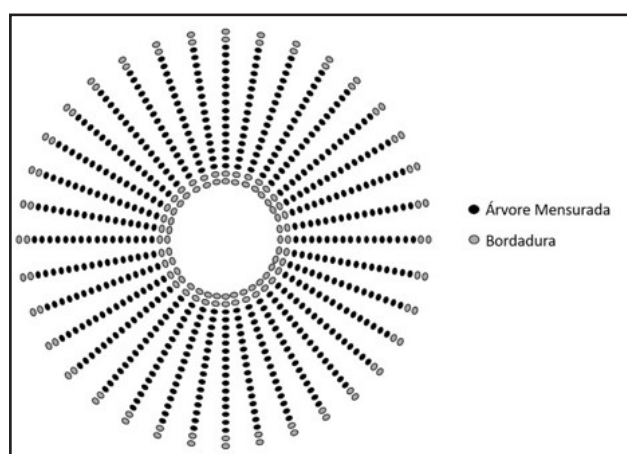
A roda de competição foi implantada segundo o modelo proposto por Nelder (1962), visando avaliar o desenvolvimento do plantio florestal em diferentes sentidos de orientação e diferentes espaçamentos. A roda foi formada por 20 anéis concêntricos, com distâncias entre si variando do centro para a periferia entre 22,80 m e 69,80 m, equivalente a uma taxa de redução de 11% na densidade (árvores ha<sup>-1</sup>) e 6% de aumento na distância entre eles.

O ângulo entre os raios foi de 10°, resultando em 36 raios e, conseqüentemente, 36 árvores plantadas em cada anel. O raio número um foi locado no sentido Norte. As densidades de árvores corresponderam a: 1661, 1477, 1313, 1167, 1037, 922, 819, 728, 647, 576, 512, 455, 404, 359, 319, 284, 252, 224, 199 e 177 árvores ha<sup>-1</sup>, partindo-se do arco 1 para o arco 20.

## 2.3 Mensuração Florestal

Foram realizadas avaliações do plantio em inventário 100%, sendo mensuradas todas as árvores do arco 3 ao 18, retirando os arcos 1, 2, 19 e 20 considerados como bordadura (Figura 1). Foi executada a mensuração do diâmetro com casca a 1,3 m de altura (DAP) com a fita diamétrica. Também foi determinada a altura total, altura da inserção da copa e a altura da copa de cada árvore, com o emprego do clinômetro digital. As avaliações foram realizadas no mês de agosto de 2018, ou seja, aos 68 meses após o plantio.

Figura 1 – Esquema da Roda de Competição proposta por Nelder (1962)



Fonte: Autores (2020)

## 2.4 Determinação do volume por método de cubagem rigorosa não destrutiva

O volume individual foi determinado a partir da cubagem não destrutiva, com um Dendrômetro Digital, com seções a cada um metro ao longo do fuste e foi utilizado o modelo de Smalian na Equação (1), sendo esse modelo o mais utilizado para estimar o volume individual e em seguida estimar o volume por hectare de acordo com cada densidade de plantio (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012).

$$v = \left( \frac{g_1 + g_2}{2} \right) * l \quad (1)$$

Em que:  $v$  = Volume com casca em  $m^3$ ;  $l$  = Comprimento da tora em  $m$ ;  $g_1$  = Seção transversal maior em  $m^2$ ;  $g_2$  = Seção transversal menor em  $m^2$ .

## 2.5 Determinação da Conicidade e Fator de Forma

A Conicidade foi determinada pela Equação (2) (LIMA; GARCIA, 2011):

$$Cn = \frac{D_{m\acute{a}x} - D_{min}}{h} \quad (2)$$

Em que:  $Cn$  = Conicidade em  $cm\ m^{-1}$ ;  $D_{m\acute{a}x}$  = Diâmetro da base em  $cm$ ;  $D_{min}$  = Diâmetro no topo da árvore (igual a 0);  $h$  = Altura Total em  $m$ .

Por meio do volume do cilindro e o volume real da árvore foi determinado o Fator de Forma para cada árvore mensurada. Para tal, foi utilizada a Equação (3).

Fator de Forma (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012):

$$f_{1,30} = \frac{v_{real}}{v_{cilindro}} \quad (3)$$

Em que:  $f_{1,30}$  = Fator de Forma;  $v_{real}$  = volume em  $m^3$ ;  $v_{cilindro} = v = \pi.r^2.h$  ( $r$ : diâmetro/2).

## 2.6 Análise estatística

O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso (DIC) apresentando como

única fonte de variação a densidade de plantio (DP) para a avaliação do diâmetro a altura do peito (DAP), altura total, comprimento de copa, altura de inserção de copa, volume individual, volume por unidade de área, fator de forma e conicidade. Após verificação da normalidade e homogeneidade dos dados, os resultados foram analisados estatisticamente por meio de teste comparativo de médias, pelo teste de Scott-Knott a 95% de probabilidade, utilizando-se o programa R 3.5.1. Foram ajustadas equações de regressão que melhor refletiram a tendência dos dados, sendo selecionados de acordo com a significância estatística dos coeficientes, com o objetivo de avaliar a relação funcional entre as variáveis dendrométricas e densidade de plantio. Também foram gerados gráficos com comportamento médio, intervalo de confiança, intervalo de predição e barra de erro para cada parâmetro avaliado, para melhor visualização e comparação gráfica das distribuições dos resultados encontrados gerados pelo programa SigmaPlot.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, é possível observar a estatística descritiva dos dados relativos às variáveis analisadas. Os valores obtidos estão de acordo com valores encontrados na literatura.

Tabela 1 – Estatística descritiva contendo média, moda, mediana e coeficiente de variação (CV) para cada variável analisada de *Eucalyptus urophylla* implantado em distintas densidades de plantio na região de Campo Grande - MS

Variáveis	DAP (cm)	Altura Total (m)	Inserção de Copa (m)	Comprimento de copa (m)	Volume individual (m <sup>3</sup> )	Volume por área (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Conicidade (cm m <sup>-1</sup> )	Fator de Forma
Média	21,57	24,17	14,87	9,3	0,37	21,56	0,98	0,42
Moda	23,87	26	17	7,99	-	23,87	0,87/1,19	-
Mediana	21,71	24,5	15	9	0,37	21,71	0,94	0,41
CV (%)	18,57	10,6	26,44	34,77	38,04	18,56	21,3	14,05

Fonte: Autores (2020)

Aos quatro anos de idade do plantio avaliado por Marcolino (2010), foram encontrados comportamentos semelhantes para DAP, altura, volume individual em Mogi-Guaçu - SP. Já para conicidade, os valores encontrados neste estudo foram maiores que os encontrados por Lima e Garcia (2011) de  $0,35 \text{ cm m}^{-1}$  em Lençóis Paulista - SP e o fator de forma foi próximo ao encontrado por Miranda, Bernardino Junior e Gouveia (2015) de 0,46.

De acordo com a análise de variância, foram encontradas diferenças significativas, a 5% de significância entre as densidades de plantio para as variáveis dendrométricas DAP, Altura Total, Comprimento de Copa, Altura de Inserção de Copa, Volume Individual e por Área, e para a Conicidade. Para esses parâmetros foram realizados Análise de Regressão e Teste de Média Scott-Knott a 95%. O Fator de Forma não foi significativo, seguindo apenas com a análise do comportamento médio apresentado por ele.

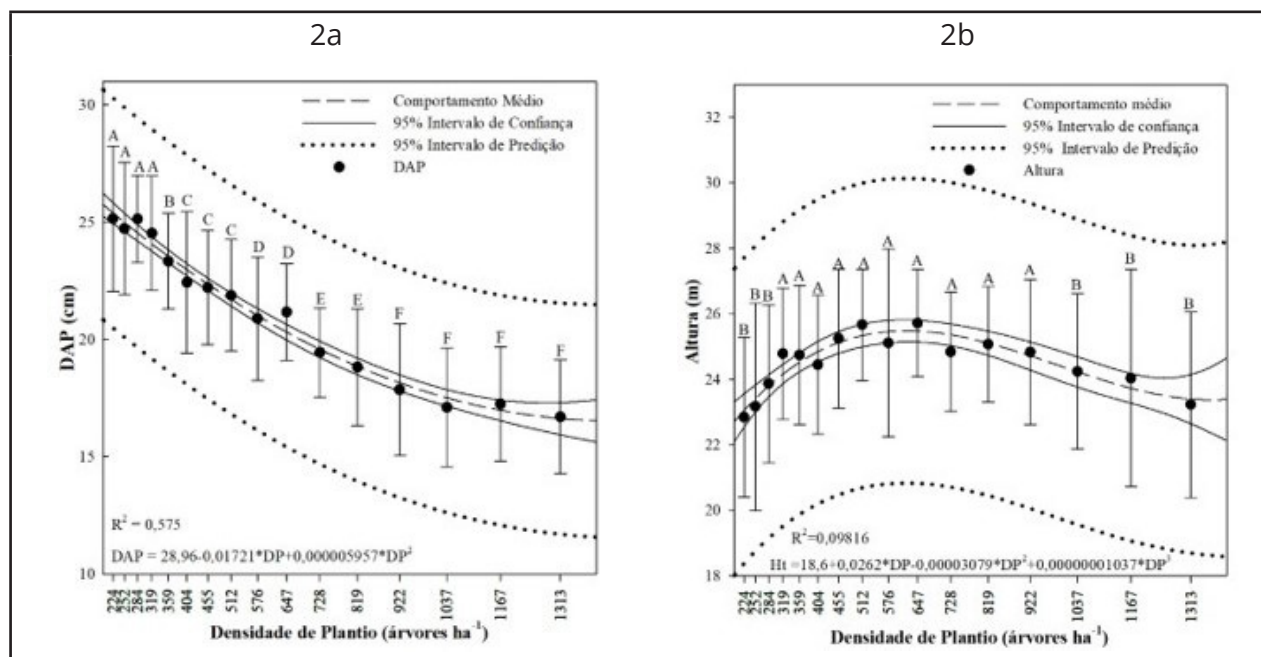
O comportamento médio apresentado pelo diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total, a amplitude do intervalo de confiança e de predição, juntamente com o Teste de Média Scott-Knott a 95% de probabilidade, estão presentes na Figura 2. O teste de significância dos coeficientes das equações ajustadas apresentou resultados significativos para a equação quadrática para o DAP e equação cúbica para altura.

Pelo teste de comparação múltipla de médias Scott-Knott, foi possível observar que o DAP e a densidade de plantio são inversamente proporcionais (Figura 2a). Esse resultado se dá pelo fato da competição por água, luz e nutrientes ser menor em espaçamentos mais amplos, refletindo em crescimento em diâmetro (REINER; SILVEIRA; SZABO, 2011).

Hsing, Paula e Paula (2016) e Torres *et al.* (2016) compararam o crescimento de eucalipto em monocultivo de espaçamentos mais adensados com o sistema ILPF com espaçamento mais amplo. Esses autores encontraram resultados semelhantes em que DAP do plantio em ILPF foi superior, explicando o sucesso do plantio em razão ao espaçamento. Silva *et al.* (2015) explicam esse sucesso confirmando que com maiores espaçamentos a competição intraespecífica diminui.



Figura 2 – Comportamento médio apresentado pelo DAP em cm (2a) e pela Altura em m (2b) nas distintas densidades de plantio (DP) e sua equação ajustada para *Eucalyptus urophylla* implantados em distintas densidades de plantio na região de Campo Grande - MS



Fonte: Autores (2020)

Em que: \* Os comportamentos médios seguidos por letra diferentes se diferem estatisticamente entre si.

Com resultados semelhantes, Reiner, Silveira e Szabo (2011) afirmaram que o crescimento do diâmetro é altamente dependente do espaçamento. A influência da área útil por árvore para o crescimento do diâmetro é por conta da disponibilidade de fatores vitais para o desenvolvimento do plantio. Pois, em campo, essa competição causada por conta do arranjo espacial é principalmente afetada pelo espaço disputado entre as árvores vizinhas que competem pelo microclima em comum (ISHIBASHI; MARTINEZ; HIGA, 2017).

A comparação múltipla pelo Teste de Média Scott-Knott foi significativa para a Altura Total, separando as médias das alturas em dois grupos, sendo que as densidades de plantio de 319 a 922 árvores ha<sup>-1</sup> apresentaram médias maiores de altura, as densidades das extremidades, sendo elas periféricas (224, 252 e 284

árvores  $\text{ha}^{-1}$ ) e as centrais (1037, 1167 e 1313 árvores  $\text{ha}^{-1}$ ) apresentam alturas menores (Figura 2b).

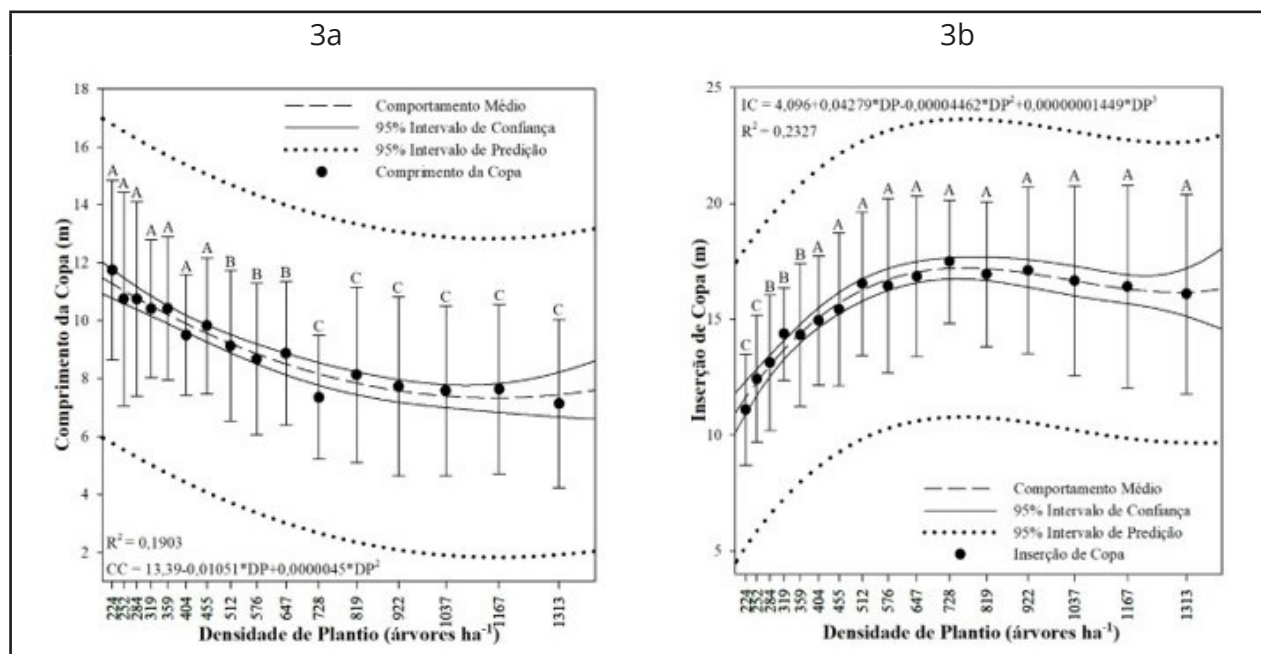
O maior crescimento em altura nas densidades médias do plantio em Roda de Competição pode ser justificado pela competição por luz solar, que é essencial para o desenvolvimento vegetal, na qual a energia luminosa absorvida pelas plantas é convertida em energia química, necessária para o seu desenvolvimento. Devido a isso, as árvores crescem em altura, em busca de luz sobre o dossel quando em maior nível de competição. Resultados semelhantes foram encontrados por Hsing, Paula e Paula (2016) e Torres *et al.* (2016), sendo esses explicados pela competição por luz que os espaçamentos menores sofrem, estimulando o crescimento em altura.

Acredita-se que o menor crescimento em altura nas densidades centrais (1037, 1167 e 1313 árvores  $\text{ha}^{-1}$ ) pode ser explicado por essas árvores sofrerem mais com a competição por água e nutrientes, sendo também esse parâmetro mais influenciado pela bordadura do plantio. Assim, não somente o crescimento do DAP foi afetado pela competição pelos elementos essenciais, mas também a altura total das árvores. Ribeiro *et al.* (2017) explicaram que áreas mais adensadas atingem sua capacidade de sítio mais rapidamente, ou seja, a disponibilidade dos nutrientes é escassa para essas árvores, afetando seu crescimento.

Torres *et al.* (2016) citaram que o comportamento em altura não reflete o crescimento em diâmetro. Oliveira *et al.* (2010) afirmaram que não há uma coerência para o crescimento em altura, assim como ocorre para o DAP, podendo os resultados serem favoráveis tanto para espaçamentos maiores quanto menores. Sendo essa uma possível causa para o menor crescimento em altura das densidades 224, 252, 284, 1037, 1167 e 1313 árvores  $\text{ha}^{-1}$ .

As outras variáveis dendrométricas influenciadas pela competição por água, nutrientes e principalmente a luz são o comprimento de copa e a altura de Inserção de copa, tendo eles um comportamento inverso, quando maior o espaçamento, maior a copa e menor a altura da inserção dela como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Comportamento médio apresentado pelo Comprimento de Copa em m (3a) e pela Inserção de Copa em m (3b) nas distintas densidades de plantio (DP) e sua equação ajustada para *Eucalyptus urophylla* implantados em distintas densidades de plantio na região de Campo Grande - MS



Fonte: Autores (2020)

Em que: \*Os comportamentos médios seguidos por letra diferentes se diferem estatisticamente entre si.

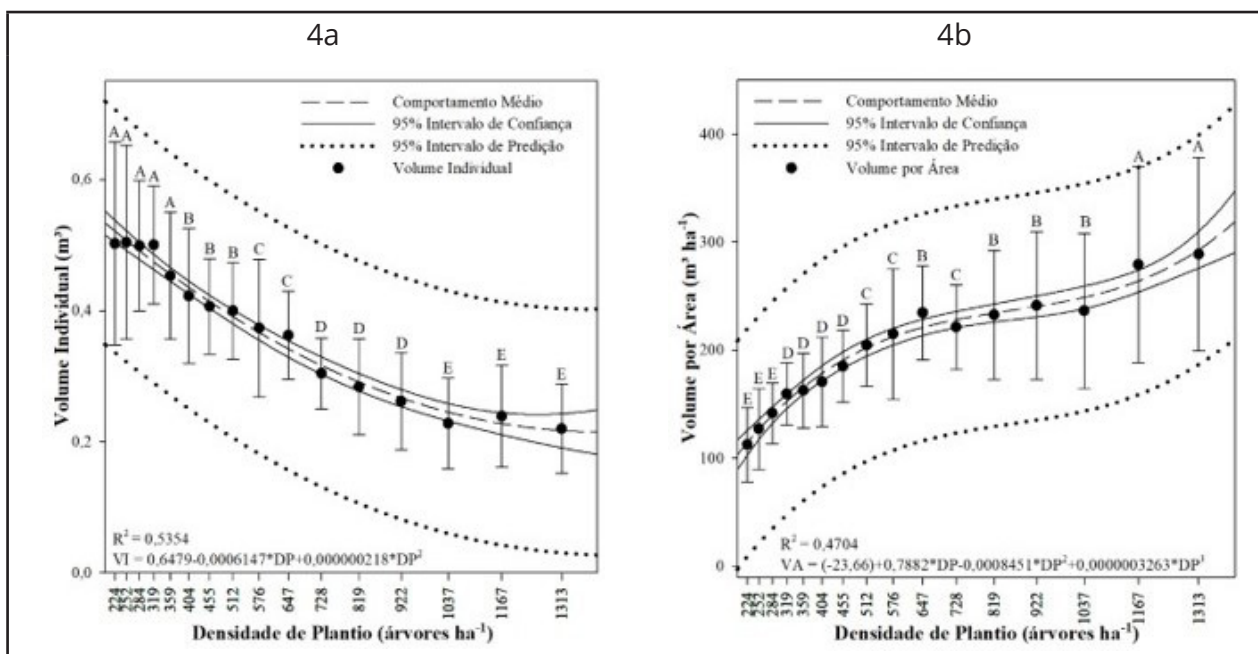
Eloy *et al.* (2012) apresentam a importância da copa para a fotossíntese, sendo ela a receptora da luz solar, com isso, o tamanho da copa está diretamente relacionado com o crescimento e a produção da biomassa. O comprimento da copa e a inserção dela são modificadas pela concorrência, que quanto menor o espaçamento entre uma árvore e outra, menor a quantidade de luz que entra pelo dossel. Essa falta de luz solar ocasiona a morte dos galhos mais baixos, diminuindo o comprimento da copa e aumentando a altura de inserção dela (ELOY *et al.*, 2012).

Em condições mais adensadas, o comprimento de copa é menor por conta da menor inserção de galhos e o fuste apresenta forma mais cilíndrica (FERREIRA *et al.*, 2014). Esse menor comprimento e fuste com inserção de copa mais altos

são características desejadas para sistemas integrados, pois plantios com essas características promovem a entrada de luz no sub-bosque e nos estratos inferiores, possibilitando o crescimento de outras culturas (VIDAURRE *et al.*, 2015), especialmente as gramíneas forrageiras tropicais.

A Figura 4a ilustra o comportamento médio registrado pelo volume Individual, que apresentou resultados similares ao DAP, cujos espaçamentos menos densos, como o de 224 árvores ha<sup>-1</sup>, correspondem a volumes maiores. Moulin *et al.* (2017) encontraram valores similares, nos quais maiores espaçamentos possuem maiores volumes individuais, evidenciando o efeito positivo dos arranjos com maior área útil por planta, pois esses arranjos permitem menor competição entre elas.

Figura 4 – Comportamento médio apresentado pelo Volume Individual em m<sup>3</sup> (4a) e Volume por Área em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (4b) nas distintas densidades de plantio e sua equação ajustada para *Eucalyptus urophylla* implantados em distintas densidades de plantio na região de Campo Grande – MS



Fonte: Autores (2020)

Em que: \*Os comportamentos médios seguidos por letra diferentes se diferem estatisticamente entre si.

A estagnação do crescimento volumétrico nos plantios mais adensados, como nas densidades 1037, 1167 e 1313 árvores ha<sup>-1</sup>, ocorre pela competição por luz, água, nutrientes e também espaço para crescimento radicular e aéreo (SEREGHETTI *et al.*, 2015). Em espaçamentos maiores há maior disponibilidade desses fatores essenciais às plantas e conseguem apresentar uma diferença de crescimento em relação aos menores espaçamentos de plantio.

Ao se considerar o resultado do volume por área (Figura 4b), que tem reflexos econômicos diretos, não foi observado o mesmo resultado que para o volume individual. O comportamento apresentado mostra-se inverso, ou seja, quanto mais amplo o espaçamento, menor o volume por área. Sereghetti *et al.* (2015) e Ribeiro *et al.* (2017) confirmam que espaçamentos mais densos, mesmo proporcionando menor volume por planta, apresentam volumes por hectare superiores comparados a espaçamentos menos densos.

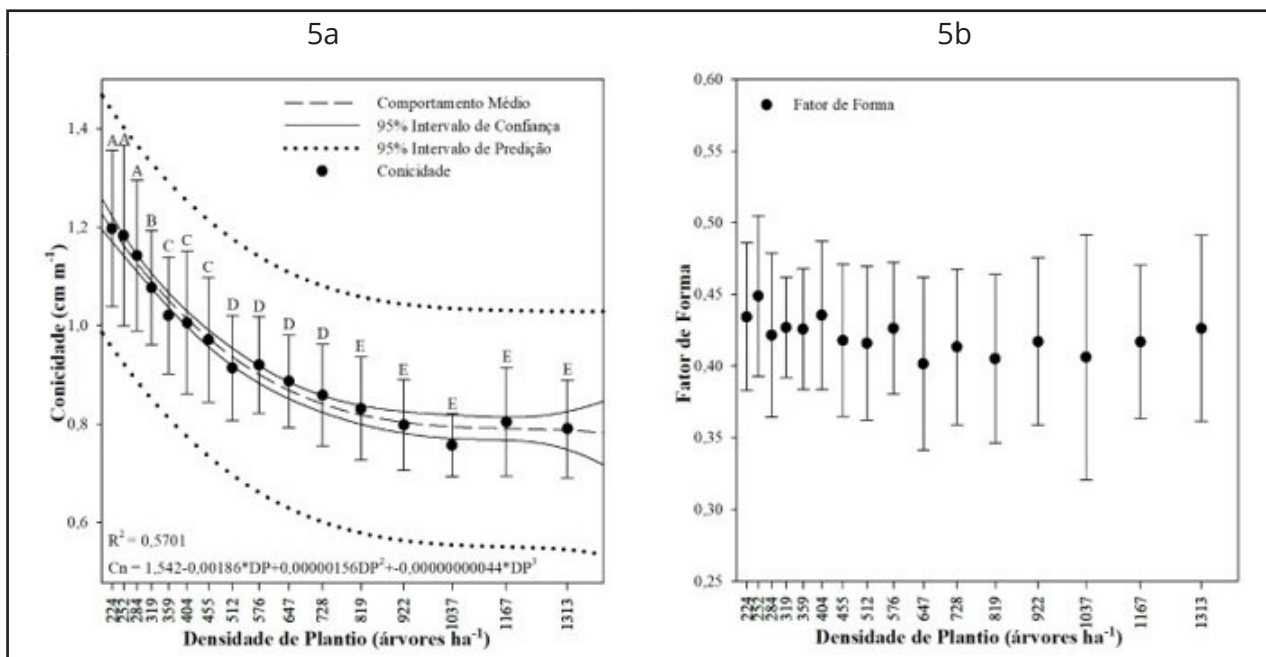
Segundo o Relatório da Indústria Brasileira de Árvores (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017) em 2016, o Brasil liderou o *ranking* global de produtividade florestal, com o Incremento Médio Anual (IMA) de 35,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ao ano para os plantios de eucalipto. Neste estudo, foi possível constatar que as densidades de plantio 1313, 1167, 1037, 922, 819, 728, 647, 576, 512 árvores ha<sup>-1</sup> possuem IMA superiores à média nacional, sendo eles 51,5; 49,8; 43,0; 42,1; 41,8; 41,5; 39,5; 38,3 e 36,5, respectivamente. Logo, as densidades de plantio entre 1313 e 512 árvores ha<sup>-1</sup> produzem por área volumes esperados para plantio florestais brasileiros.

Em contrapartida, em plantios mais adensados pode ocorrer a estagnação do crescimento antecipadamente, quando comparados ao menos adensado, necessitando rotações mais curtas ou de desbastes. Já em espaçamentos mais amplos não há essa necessidade, obtendo ao final de ciclos mais longos um IMA semelhante ao do espaçamento mais denso. O manejo específico e diferentes períodos de rotação para cada densidade irá proporcionar maiores volumes por área (CORDEIRO *et al.*, 2017).

A conicidade e o fator de forma são parâmetros que indicam a forma que o fuste da árvore está se desenvolvendo, portanto, são importantes para a determinação do volume do plantio e para utilização da madeira dependo da característica de fuste desejável (Figura 5).

A conicidade de uma árvore indica o afilamento da base do tronco para o topo da árvore (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012). No comportamento médio apresentado pela conicidade (Figura 5a) é possível observar que quanto maior o espaçamento maior é a conicidade da árvore. Cerqueira, Môra e Tonini (2017) afirmaram que a maior conicidade está ligada a maiores espaçamentos, por possuir maior comprimento de copa devido à baixa competição, e essa característica de ser de elevada influência sobre a conicidade do fuste. Pelissari *et al.* (2017) também confirmaram esse comportamento em plantio de *Tectona grandis*.

Figura 5 – Comportamento médio apresentado pela Conicidade em  $\text{cm m}^{-1}$  (5a) e pelo Fator de Forma (5b) nas distintas densidades de plantio e sua equação ajustada para *Eucalyptus urophylla* implantados em distintas densidades de plantio na região de Campo Grande - MS



Fonte: Autores (2020)

Em que: \*Os comportamentos médios seguidos por letra diferentes se diferem estatisticamente entre si.

O presente trabalho corrobora o de Lima e Garcia (2011) e Schneider *et al.* (2016) ao afirmarem que árvores em espaçamentos mais amplos crescem mais rápido em diâmetro, aumentando a conicidade do fuste e ainda possuem maior tendência de forquilhamento. A conicidade é de extrema importância quando se refere à serraria ou laminação, quando há uma diferença marcante entre o diâmetro base e o topo da árvore ocorre a diminuição do rendimento, da qualidade e da produtividade da tora de madeira. Esses autores também afirmaram que a desrama é uma estratégia a ser utilizada para reduzir a conicidade do fuste.

Além de modelos volumétricos, o fator de forma também é utilizado para a estimativa do volume da árvore, que busca corrigir o volume de acordo com a forma apresentada pela árvore. Sendo uma constante que quando apresenta valores mais próximos a 1,0, a árvore possui um formato mais cilíndrico (MIGUEL *et al.*, 2010). Ele é o coeficiente de correção do fuste da árvore para seu valor real.

Os valores para o fator de forma não foram significativos (Figura 5b), obtendo valores entre 0,40 a 0,44. Valores similares são encontrados na literatura. Oliveira *et al.* (2015) encontraram o fator de forma em árvores de sistema silvipastoril entre 0,30 e 0,44. Miranda, Bernardino Junior e Gouveia (2015) obtiveram valores entre 0,42 a 0,46. Esses autores afirmaram que o Fator de Forma pode variar entre 0,40 a 0,50 dependendo do estado brasileiro (MIRANDA; BERNARDINO JUNIOR; GOUVEIA, 2015).

O fator de forma pode ser influenciado pela espécie, idade, sítio, densidade de plantio. Sendo ele de grande importância para que não haja a necessidade de realizar a cubagem em todas as árvores para a obtenção do volume real da árvore. Por essa razão, este estudo obtendo o fator de forma para 16 densidades distintas é de grande relevância.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que diferentes densidades de plantio afetam diretamente o crescimento e as variáveis dendrométricas. E em menores densidades de plantio, maiores foram os valores encontrados para DAP, comprimento de copa, volume individual e conicidade. Verificou-se uma relação inversa para a altura de inserção de copa e volume por área. Para a altura, as densidades de plantio médias apresentaram resultados maiores que os das densidades das extremidades, sendo esse parâmetro mais influenciado pela bordadura do plantio. O Fator de forma não foi afetado pela densidade de plantio.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. de. **Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Campo Grande: Embrapa, 2015. 208 p.
- BELTRAN, H. A. *et al.* Volume and taper equations for commercial stems of *Nothofagus obliqua* and *N. alpina*. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 299-309, 2017.
- BUNGENSTAB, D. J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012.
- CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H. Forma do fuste de eucalipto em diferentes arranjos de plantio e espaçamentos. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 4, n. 3, p. 137-141, 2017.
- CORDEIRO, S. A. *et al.* Simulação da Variação do Espaçamento na Viabilidade Econômica de um Sistema Agroflorestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, e00034613, 2017.
- ELOY, E. *et al.* Influência do espaçamento na altura e diâmetro. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 675-682, 2012.
- FERREIRA, G. W. D. *et al.* Influência do desbaste na forma do fuste de povoamentos naturais de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 1707-1720, 2014.
- HSING, T. Y.; PAULA, N. F. de; PAULA, R. C. de. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 273-283, 2016.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2017 ano base 2016**. Brasília, 2017. 100 p.
- ISHIBASHI, V.; MARTINEZ, D. T.; HIGA, A. R. Phenotypic models of competition for *Pinus taeda* L genetic parameters estimation. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 349-358, set. 2017.



LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N. Efeito do desbaste e da fertilização na porcentagem de casca e conicidade de toras de *Eucalyptus grandis*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 305-312, 2011.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

MIGUEL, E. P. *et al.* Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde - GO. **Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-13, 2010.

MIRANDA, D. L. C.; BERNARDINO JUNIOR, F.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 11, n. 03, p. 1-8, 2015.

MOTTA, P. E. F. da *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Município de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 183 p.

MOULIN, J. C. *et al.* Efeito do espaçamento, idade e irrigação no volume e densidade básica do eucalipto. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, e00073914, 2017.

NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, Washington, n.18, p. 283-307, 1962.

OLIVEIRA, F. L. R. de *et al.* Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, T. K. de *et al.* Desempenho Silvicultural e Produtivo de Eucalipto sob Diferentes Arranjos Espaciais em Sistema Agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [s. l.] n. 60, p. 1-10, 26, 2010.

PELISSARI, A. L. *et al.* Geostatistical modeling of timber volume spatial variability for *Tectona grandis* L. F. precision forestry. **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 115-122, 2017.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. Uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do paraná. **Synergismus Scientifica**, [s. l.], v. 6, n. 1, p.100-107, 2011.

RIBEIRO, M. D. dos S. B. *et al.* Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 31-51, mar. 2017.

SANTOS, M. C. dos *et al.* Inventário Florestal Utilizando Técnicas de Silvicultura de Precisão em Povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, e00082714, 2016.

SCHNEIDER, P. S. P. *et al.* Utilização do Índice de conicidade no diagrama de manejo de densidade em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p. 425-434, 2016.

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.

SILVA, A. R. *et al.* Cultivo de milho sob influência de renques de paricá em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, [s. l.] v. 5, n. 1, p. 110-114, 2015.

SILVEIRA, E. R.; REINER, D. A.; SMANIOTTO, J. R. Efeito do espaçamento de plantio na produção de madeira e serapilheira de *Eucalyptus dunnii* na região sudoeste do Paraná. **Revista Técnico Científica**, [s. l.] v. 1, n. 2, p. 1-9, 2014

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012.

TORRES, C. M. M. *et al.* Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 137-148, 2016.

VIDAURRE, G. B. *et al.* Tensão de Crescimento no Lenho de *Eucalyptus benthamii* e sua Relação com Características Dendrométricas em Diferentes Espaçamentos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 3, p. 408-415, 2015.

## Contribuição de Autoria

### 1 – Damaris Elias Vera

Engenheira Florestal, Ma.

<https://orcid.org/0000-0002-9850-3233> • damaris\_vera@outlook.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Visualização de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

### 2 – Valdemir Antônio Laura

Engenheiro Agrônomo, Dr.

<https://orcid.org/0000-0001-5299-6303> • valdemir.laura@embrapa.br

Contribuição: Administração do projeto, Recursos, Supervisão, Escrita – revisão e edição

### **3 – André Dominghetti Ferreira**

Engenheiro Agrônomo, Dr.

<https://orcid.org/0000-0002-6512-4923> • andre.dominghetti@embrapa.br

Contribuição: Administração do projeto, Recursos

### **4 – Allan Motta Couto**

Engenheiro Florestal, Dr.

<https://orcid.org/0000-0003-2966-6642> • allan@uems.br

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Metodologia, Validação, Escrita – revisão e edição

### **Como citar este artigo**

Vera, D. E.; Laura, V. A.; Ferreira, A. D.; Couto, A. M. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 504-522, 2022. DOI 10.5902/1980509848402. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509848402>.