

## Variabilidade espacial das propriedades dendrométricas do *Eucalyptus urophylla* no Bioma Cerrado

Spatial variability of the dendrometric properties of *Eucalyptus urophylla* in the Cerrado Biome

Variabilidad espacial de las propiedades dendrométricas de *Eucalyptus urophylla* en el Bioma del Cerrado

Recebido: 01/08/2022 | Revisado: 14/08/2022 | Aceito: 16/08/2022 | Publicado: 24/08/2022

### **Júlia Stephane Melo Eneas**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3055-7961>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [juliameneas@gmail.com](mailto:juliameneas@gmail.com)

### **Louis Antoniel Joseph**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7747-0743>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [anthonieljo@gmail.com](mailto:anthonieljo@gmail.com)

### **Rita de Cássia Moreira Rodrigues**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5369-8225>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [rita\\_cassia@mail.uft.edu.br](mailto:rita_cassia@mail.uft.edu.br)

### **Edivaldo Alves dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5840-3588>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [Edivaldo.santos@ifto.edu.br](mailto:Edivaldo.santos@ifto.edu.br)

### **Luana Kesley Nascimento Casais**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7197-5524>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [luana.casais@gmail.com](mailto:luana.casais@gmail.com)

### **Kayo Heberth de Brito Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9920-8463>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [kayoheberthdebritoreis@gmail.com](mailto:kayoheberthdebritoreis@gmail.com)

### **Jarosana Nunes Cardoso**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6414-4068>  
Universidade Federal do Tocantins, Brasil  
E-mail: [jarosananc2003@gmail.com](mailto:jarosananc2003@gmail.com)

### **Antônio Clementino dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7943-7923>  
Universidade Federal do Norte do Tocantins, Brasil  
E-mail: [antclementino@yahoo.com](mailto:antclementino@yahoo.com)

### **Resumo**

Com o crescimento do setor florestal brasileiro, os silvicultores tornam-se mais exigentes quanto à produtividade e gerenciamento da floresta. As plantações de eucalipto desempenham um papel fundamental nesse setor, colaborando na redução do desmatamento de florestas nativas. Nesse contexto, a geoestatística se apresenta como uma ferramenta que vem sendo utilizada nas ciências florestais para se realizar boas estimações com número menor de coletas de dados. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a variabilidade espacial das propriedades dendrométricas de *Eucalyptus urophylla* cultivado no Bioma Cerrado. Os dados utilizados foram coletados de um povoamento clonal de *E. urophylla* da unidade experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Universitário de Gurupi. Em 40 pontos geodésicos distribuídos em uma malha amostral regular foram coletadas quatro variáveis: comprimento vertical, comprimento longitudinal, diâmetro do caule a 10 cm e diâmetro do caule a 50 cm. Com o auxílio dos programas GS+® e Surfer®, foi confeccionado os mapas de variabilidade espacial de cada um dos atributos avaliados. A krigagem foi definida como método de interpolação nesta etapa. Os resultados expressos no presente estudo evidenciam um grau de dependência espacial muito alto em todas as variáveis analisadas. O modelo esférico foi o que obteve melhores ajustes dos semivariogramas em todos os atributos avaliados. O alcance com valores iguais em todas as variáveis analisadas evidencia homogeneidade no povoamento de *E. urophylla*. Dessa forma, conclui-se que os mapas confeccionados com base nas análises geoestatística apresentaram resultados relevantes.

**Palavras-chave:** Geoestatística; Dependência espacial; Krigagem; Povoamento de eucalipto.

## Abstract

With the growth of the forest sector, the foresters are becoming more exigent in terms of productivity and forest management. The eucalypt plantations are very important, helping in the reduction of deforestation native forests. In this context, geostatistic represents a tool that has been used in the forest sciences to perform good estimations with a small number of data collections. Thus, the present study aimed to evaluate the spatial variability of the dendrometric properties of *Eucalyptus urophylla* cultivated in the Cerrado Biome. The dataset used in this study is derived from the clonal stand eucalypt of Federal University of Tocantins. In 40 distributed geodesic points in a regular sampling grid four variables were collected: vertical length, longitudinal length, stem diameter at 10 cm and stem diameter at 50 cm. With the help of GS+® and Surfer®, the spatial variability maps were created for each attribute. The kriging was defined as the interpolation method in this step. According to the results, all analyzed variables showed a high degree of spatial dependence. The spherical model was the best adjusted. The range with similar value for all attributes showed homogeneity on the *E. urophylla* stand. Thus, it is concluded that the maps made based on geostatistical analyzes presented relevant results.

**Keywords:** Geoestatistic; Spatial dependence; Kriging; Eucalyptus stand.

## Resumen

Con el crecimiento del sector forestal brasileño, los silvicultores son cada vez más exigentes en términos de productividad y gestión forestal. Las plantaciones de eucalipto juegan un papel importante en este sector, ayudando en la reducción de la deforestación de los bosques nativos. En este contexto, la geoestadística se presenta como una herramienta que ha sido utilizada en las ciencias forestales para realizar buenas estimaciones con un menor número de recolecciones de datos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la variabilidad espacial de las propiedades dendrométricas de *Eucalyptus urophylla* cultivadas en el Bioma Cerrado. Los datos utilizados fueron recolectados de un rodal clonal de *E. urophylla* de la unidad experimental de la Universidad Federal de Tocantins – UFT, Campus Universitario de Gurupi. En 40 puntos geodésicos distribuidos en una grilla regular de muestreo se recolectaron cuatro variables: longitud vertical, longitud longitudinal, diámetro del tallo a 10 cm y diámetro del tallo a 50 cm. Con la ayuda de GS+® y Surfer®, se realizaron mapas de variabilidad espacial para cada uno de los atributos evaluados. Krigagem se definió como el método de interpolación en este paso. Los resultados expresados en el presente estudio muestran un grado muy alto de dependencia espacial en todas las variables analizadas. El modelo esférico fue el que obtuvo los mejores ajustes de los semivariogramas en todos los atributos evaluados. El rango con valores iguales en todas las variables analizadas evidencia homogeneidad en la población de *E. urophylla*. Thus, it is concluded that the maps made based on geostatistical analyzes presented relevant results.

**Palabras clave:** Geoestadística; Dependencia espacial; Krigagem; Soporte de eucalipto.

## 1. Introdução

O eucalipto é uma planta do gênero *Eucalyptus*, pertencente à família *Myrtaceae* e à subfamília *Leptospermoideae*, que possuem representantes arbóreos e arbustivos (Oliveira, 2018). Nativo da Austrália, o *Eucalyptus* spp. possui mais de 700 espécies reconhecidas na botânica, sendo as mais utilizadas comercialmente, em função das características de suas madeiras: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e *Eucalyptus dunnii* na região Sul do Brasil (Embrapa, 2014). As plantações de eucalipto compõem o grupo de espécies florestais mais relevantes para o sequestro de carbono, além de ser uma importante fonte de matéria-prima (Ibá, 2021). As vantagens econômicas atribuídas ao eucalipto são a produção de energia, madeira e celulose. O cultivo dessa espécie florestal pode também contribuir com a conservação da biodiversidade e, por meio de sistemas de integração, com a recuperação de áreas degradadas e a redução da intensidade de erosão (Souza et al., 2020).

A alta demanda de madeira para diferentes finalidades tem contribuído para o desenvolvimento do setor florestal e das comunidades rurais, uma vez que o cultivo de florestas de eucalipto permite a diversificação de renda nas propriedades rurais, seja por meio de plantios puros (bosquetes) ou por meio de sistemas integrados de produção (Embrapa, 2014). Atualmente, o cultivo de eucalipto acontece em toda a extensão do território brasileiro ocupando cerca de 7,47 milhões de hectares em 2021, com uma taxa de crescimento médio anual de 4,8% nos últimos cinco anos (Embrapa, 2022).

Apesar do avanço em pesquisas para o melhoramento do setor florestal brasileiro, este apresenta grande vulnerabilidade em relação aos estresses abióticos e bióticos, necessitando de atenção e cuidados adequados para se atingir a taxa de sucesso e produtividade almejada. No Cerrado deve-se atentar principalmente as características do solo e a

disponibilidade de água que são caracterizados como uma das grandes causas de baixas produtividades no bioma (Silva et al., 2021). Alencar et al. (2021) observaram que as plantas de eucalipto apresentavam alto nível de estresse, apresentando baixos índices de fluorescência variável/fluorescência máxima quando diminuíam os valores de umidade.

A competição com plantas daninhas também causa alterações negativas nos atributos fisiológicos das plantas de eucalipto (Alencar et al., 2021). A presença de *Digitaria insularis* interfere negativamente no crescimento de eucalipto ocasionando a redução de algumas características, como altura, diâmetro e matéria seca, independentemente da densidade e da distância (Guidugli, 2022). A ocorrência de pragas, tais como formigas cortadeiras e besouros desfolhadores, também é caracterizada como fator biótico que eleva os prejuízos em plantios comerciais (Santos et al., 2020).

A fim de facilitar o manejo florestal, observando principalmente a ocorrência desses fatores, as características dendrométricas do *E. urophylla* devem ser monitoradas através de técnicas adequadas de amostragem, capazes de gerar informações necessárias e precisas (Guedes et al., 2012; Faria et al., 2014). Nesse contexto, a geoestatística torna-se uma ferramenta que, diante do uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), permite a caracterização da variabilidade espacial dos atributos desejados e, com os mapas obtidos, fornece informações confiáveis e detalhadas que auxiliam na tomada de decisão na silvicultura (Santos et al., 2017). Nas áreas florestais, diversas pesquisas têm sido realizadas e comprovaram a eficiência da geoestatística (Pelissari et al., 2014a; Souza et al., 2015). Assim, por meio de semivariogramas, a geoestatística analisa a dependência espacial, sendo essencial para o ajuste de modelos capazes de contribuir com o planejamento ambiental e reduzir os custos realizados com essa operação (Neto et al., 2019).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar o estágio de desenvolvimento da plantação de *Eucalyptus urophylla* no Bioma Cerrado através de análises geoestatística.

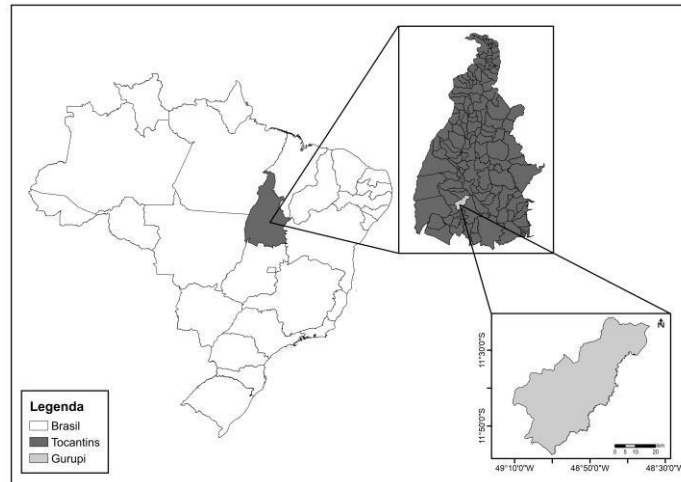
## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de estudo**

O estudo foi realizado na unidade experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus Universitário de Gurupi. A área experimental, inserida no Bioma Cerrado, possui um total de 138 ha, sendo aproximadamente 38 ha destinados a Reserva Legal com vegetação remanescente (Ribeiro; Walter, 2008). A área estudada está localizada no município de Gurupi - TO, conforme mostrado na Figura 1, sob as coordenadas geográficas 11°46'22" S e 49 °02'52" W com altitude de aproximadamente 287 m.

No município predomina-se solos do tipo Latossolos e Plintossolos, com topografia plana ou ligeiramente ondulada. O clima da região é classificado como úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno (C2wA'a''), com temperatura média anual de aproximadamente 27°C e precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm (Tocantins, 2012).

**Figura 1** - Localização geográfica da área de estudo.

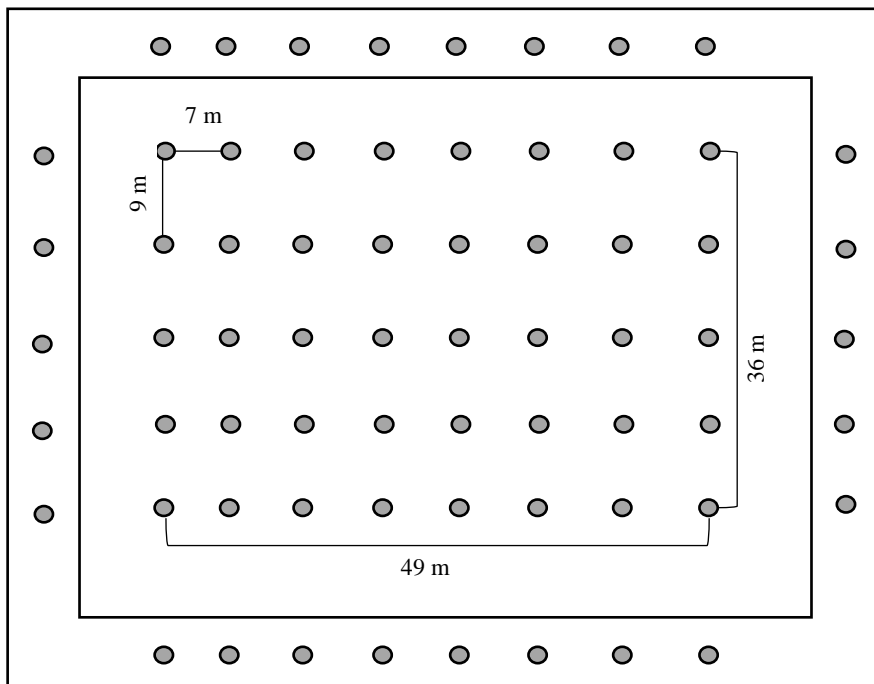


Fonte: Autores (2022).

## 2.2 Coleta de Dados

Os dados foram coletados aproximadamente 120 dias após o plantio da área com a espécie de *Eucalyptus urophylla*, com o auxílio de uma fita métrica e do aplicativo C7 GPS DADOS. As características analisadas em cada planta de *E. urophylla* foram: 1) comprimento vertical (cm); 2) comprimento longitudinal (cm); 3) diâmetro do caule a 10 (cm); e 4) diâmetro do caule a 50 (cm). Para coleta de dados, foi distribuída uma malha amostral regular composta por 40 pontos geodésicos, com espaçamento de 9,0 x 7,0 m, no perímetro estudado, conforme disposto na Figura 2.

**Figura 2** - Esquema de amostragem das plantas de *Eucalyptus urophylla* na área de estudo.



Fonte: Autores (2022).

### 2.3 Análises Geoestatísticas

A dependência espacial dos atributos avaliados foi caracterizada com o auxílio de técnicas de geoestatísticas (Vieira, 2000), com base nas observações e autocorrelações entre locais vizinhos, foram calculados e ajustados os semivariogramas (Robertson, 2008). Através dos softwares GS+® v. 7.0 e Surfer® v. 8.0, foi confeccionado um mapa temático para cada variável analisada sendo adotada a krigagem como método de interpolação para determinação dos valores nos locais não amostrados.

O melhor modelo estabelecido a cada atributo é determinado pela menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). O ajuste do modelo de semivariograma possibilitou determinar os seguintes parâmetros: efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0+C_1$ ) e alcance ( $A_0$ ). A seleção do modelo foi estabelecida com base na menor soma do quadrado dos resíduos (SQR) e no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e grau de dependência espacial (GDE). O GDE foi determinado em função da equação 1:

$$GDE = \left[ \frac{C_0}{C_0 + C} \right] * 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: GDE é o grau de dependência espacial;  $C_0$  é o efeito pepita;  $C$  é a variância estruturada;  $C_0 + C$  é o patamar.

A interpretação de GDE é de acordo com a classificação de Dalchiavon et al. (2012), sendo:  $GDE < 20\%$  - dependência espacial muito baixa;  $20\% \leq GDE < 40\%$  - dependência espacial baixa;  $40\% \leq GDE < 60\%$  - dependência espacial média;  $60\% \leq GDE < 80\%$  - dependência espacial alta;  $80\% \leq GDE < 100\%$  - dependência espacial muito alta.

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentados os modelos de semivariogramas selecionados, com os seus respectivos parâmetros de ajuste e grau de dependência espacial, para todas as características analisadas no presente estudo. Os resultados das análises geoestatísticas mostraram que todos os atributos avaliados apresentaram melhores ajustes com o modelo esférico e constataram uma dependência espacial muito alta em todos os casos.

**Tabela 1** - Modelos e parâmetros estimados dos semivariogramas ajustados aos valores das propriedades dendrométricas do *Eucalyptus urophylla* na área de estudo.

Atributos	Parâmetros						Classificação
	Modelo	$C_0$	$C_0 + C$	$A_0$	$C_0/(C_0+C)$	GDE	
CV	Esférico	1,00	2438	9,64	1,000	100,0	MA
CL	Esférico	1,00	1372	9,64	0,999	99,9	MA
DC10	Esférico	0,01	4,18	9,64	0,998	99,8	MA
DC50	Esférico	0,01	3,43	9,64	0,997	99,7	MA

CV = Comprimento vertical; CL = Comprimento longitudinal; DC10 = Diâmetro do caule a 10 cm; DC50 = Diâmetro do caule a 50 cm;  $C_0$  = efeito pepita;  $C_0+C$  = patamar;  $A_0$  = alcance;  $C_0/(C_0+C)$  = relação entre o efeito pepita e o patamar; GDE = Grau de dependência espacial; MA = Muito alta. Fonte: Autores (2022).

O alcance é um parâmetro de extrema importância, pois auxilia na tomada de decisões mais assertivas acerca do espaçamento a ser utilizado. De acordo com Lundgren et al. (2016), quanto maior o alcance maior será a homogeneidade da área, fato que pode ajudar no fornecimento das melhores estimativas para a geoestatística e, sobretudo, permite a redução na intensidade amostral. Além disso, este parâmetro indica a distância limite em que os interpoladores geoestatísticos possuem estimativas robustas (Leal et al., 2011). No presente estudo os valores de alcance verificados em todas as variáveis avaliadas

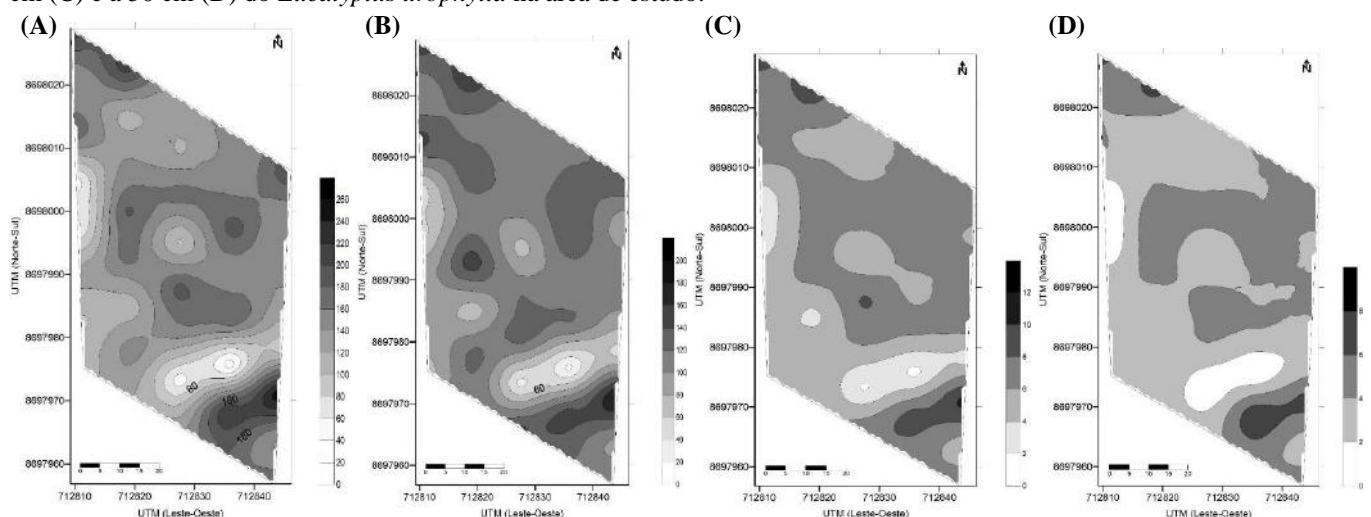
foram iguais ( $A_0 = 9,64$  m) evidenciando a distribuição homogênea no povoamento de *E. urophylla* e a satisfatoriedade dos ajustes dos semivariogramas.

A relação entre o efeito pepita e o patamar ( $C_0/(C_0+C)$ ) refletem o grau de dependência espacial (GDE), sendo nesse caso encontrado apenas relações definidas como muito alta, devido ao GDE superior a 99,7% em todas os ajustes. Em casos como o apresentado nesse estudo, em que se obtém GDE alta, há uma distribuição das variáveis analisadas de forma não aleatória (Cavalcante et al., 2011), sendo ainda evidenciado que a distância de amostragem foi suficiente para expressar a variância dos dados. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Faria et al. (2014), Pinto et al. (2019) e Ataíde et al. (2020) que avaliaram índices de dependência espacial e obtiveram forte grau de dependência espacial para todos os atributos. Estes resultados são semelhantes ainda com a pesquisa desenvolvida por Lima et al. (2010) que apresentou um grau de dependência espacial muito alto para as variáveis analisadas na cultura do eucalipto. De acordo com Nunes et al. (2020), quanto à tomada de decisão acerca da viabilidade de empreendimentos florestais, esses parâmetros podem ser utilizados como instrumentos básicos para avaliar a real potencialidade e capacidade produtiva dos recursos florestais em uma área.

O efeito pepita ( $C_0$ ) representa a descontinuidade dos semivariogramas para escalas menores que a menor distância entre as amostras, essa descontinuidade pode ser relacionada aos erros de medições (Wojciechowski, 2006). No presente estudo, o  $C_0$  encontrado nos comprimentos, tanto vertical (CV) quanto longitudinal (CL), e nos diâmetros do caule, tanto a 10 cm (DC10) quanto a 50 cm (DC50) refletem baixos valores, evidenciando que os ajustes dos semivariogramas foram satisfatórios. Conforme Watzlawick & Benin (2020), quanto menor os valores do efeito pepita melhor a estimativa no processo de krigagem.

Os mapas temáticos apresentados na Figura 3 permitem verificar a distribuição espacial das propriedades dendrométricas de *E. urophylla*. Os mapas de variabilidade espacial evidenciam que há uma relação bem estabelecida entre os comprimentos vertical e longitudinal e os diâmetros do caule a 10 e 50 cm, conforme observado no padrão de similaridade expresso entre os mapas.

**Figura 3** - Mapas de variabilidade espacial do comprimento vertical (A) e longitudinal (B) em cm, e diâmetro do caule a 10 cm (C) e a 50 cm (D) do *Eucalyptus urophylla* na área de estudo.



Fonte: Autores (2022).

Conforme apresentado na Figura 3, é possível observar diferença nos comprimentos do eucalipto da área experimental, sendo que o comprimento longitudinal de plantios de eucaliptos reflete um comportamento similar com o comprimento vertical. Este comportamento pode ter sido influenciado pelas condições climáticas ocorridas ao longo do período de cultivo da espécie (Cavalcante et al., 2007; Silva et al., 2007; Siarretta & Tematerra, 2014; Pelissari et al., 2012).

Resultados semelhantes foram obtidos por Pelissari et al. (2014) e por Ribeiro et al. (2015) na avaliação de espécies do eucalipto, sendo estes corroborados com as observações de grandes variabilidades por Guimarães et al. (2020) ao avaliar o crescimento de eucalipto em largura.

Verificou-se que a distribuição dos diâmetros no povoamento de *E. urophylla* não é homogênea, de tal modo que o uso de valores médios não caracteriza corretamente a variabilidade da área. De acordo com Lundgren et al. (2015), este ponto é muito relevante quando se pensa na estratificação de florestas. Dessa forma, o conhecimento da variação de diâmetro dos plantios pode favorecer uma redução na intensidade da amostragem (Pinto et al., 2019; Benítez et al., 2016).

Os baixos valores diâmetros observados podem estar relacionados com a presença de plantas daninhas na área experimental. Em uma pesquisa realizada por Santos (2011), verificou-se que o diâmetro é o parâmetro mais afetado pela presença de plantas infestantes. Faria et al. (2014) também descreve que as plantas daninhas podem influenciar o crescimento do eucalipto e causar perdas elevadas na produtividade. Neste sentido, é importante entender o comportamento e desenvolvimento do povoamento do eucalipto desde a fase inicial, pois é nesta fase que as plantas precisam todos os manejos e cuidados necessários a fim de obter uma boa homogeneidade no desenvolvimento.

Os resultados encontrados no presente trabalho estão em concordância com várias pesquisas desenvolvidas na eucaliptocultura usando técnicas geoestatísticas, sendo que o desenvolvimento da plantação de *E. urophylla* na área de estudo encontra-se dentro do estipulado para o bioma no qual está inserido, mesmo essas plantas ainda não apresentando características comerciais. De modo geral, a variação observada nas propriedades dendrométricas do eucalipto pode estar relacionada com fatores intrínsecos da área estudada. Essa variabilidade nas características morfológicas do povoamento do eucalipto foi descrita por Ferreira et al. (2017) que atribuíram as condições ambientais particulares de cada região como justificativa para as diferenças apresentadas. De acordo com a pesquisa realizada por Nunes et al. (2020), as características do crescimento de um povoamento florestal também podem ser explicadas pela variabilidade no preparo do solo.

A técnica de interpolação adotada, além de fornecer dados imprescindíveis no que se refere a espacialização do povoamento florestal, possibilitou resultados pertinentes quanto ao uso dessa ferramenta para inferências positivas e rápidas, de modo que o procedimento atende aos interesses do manejo florestal (Leal et al., 2014; Santos et al., 2017). De modo geral, o uso da krigagem é caracterizado como uma ferramenta de extrema importância para o mapeamento e avaliação da capacidade produtiva de um povoamento florestal, apresentando importantes informações em relação à espacialização e fornecendo resultados favoráveis.

#### 4. Considerações Finais

O alto grau de dependência espacial é descrito para os comprimentos vertical e longitudinal e diâmetros de caule a 10 e 50 cm. As propriedades dendrométricas do eucalipto apresentaram variabilidades nos resultados, contudo, houve uma distribuição similar entre todos os atributos avaliados. Os mapas confeccionados com base nas análises geoestatística possibilitaram observar o estágio de desenvolvimento da plantação de *Eucalyptus urophylla*, sendo enquadrados como potentes facilitadores do manejo florestal.

#### Referências

- Alencar, B. T. B., Ferreira, E. A., Duque, T. S., Maciel, J. C., da Silva, M. S. C., de Souza, J. B., Sampaio, R. A. (2021). Efeito da umidade do solo na fisiologia do eucalipto em competição com plantas daninhas. *Research, Society and Development*, 10(8), 1-8. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17256>
- Ataíde, D. H. S., Araújo, E. J. G., Monte, M. A., Mendonça, B. A. F., Silveira, C. E., Albuquerque, A. M., & Silva, L. C. (2020). Geostatistical and deterministic methods in the specialization of dominant height in eucalyptus stand. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(1), 98-108 <https://doi.org/10.19084/rca.18347>

- Benítez, F. L., Anderson, L. O., & Formaggio, A. R. (2016). Evaluation of geostatistical techniques to estimate the spatial distribution of aboveground biomass in the Amazon rainforest using high-resolution remote sensing data. *Acta Amazônica*, 46(2), 151-160. <http://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Cavalcante, E. G. S., Alves, M. C., Pereira, G. T., & Souza, Z. M. de. (2007). Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. *Ciência Rural*, 37(2), 394-400.
- Cavalcante, E.G.S., Alves, M. C., Souza, Z. M. & Pereira, G. T. (2011). Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 15(3), 237-243.
- Dalchiavon, F. C., Carvalho, M. D. P., Andreotti, M., & Montanari, R. (2012). Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, 43(3), 453-461.
- Embrapa (2014). Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda Brasília, DF.
- Embrapa (2022). Análise da rentabilidade financeira de um plantio de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake para energia com financiamento pelo Programa ABC. (Documentos / Embrapa Florestas, 368).
- Faria, J. R., Silva, J. F., Neris, K. P., Lopes, F. L. R., Silva, M. C., Lisboa, E. S., Rodrigues, J., Centeno, A. J., & Lopes, F. M. (2014). Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO. *Ciência Rural*, 17(2), 09-27.
- Ferreira, D. H. A. A., Santos Leles, P. S., Neto, S. N. O., Paula, T. R., Coutinho, R. P., & Silva, R. L. (2017). Crescimento e Produção de Eucalipto na Região do Médio Paraíba do Sul, RJ. *Floresta e Ambiente*, (24), 2-9. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.131315>
- Guedes, I. C. L., Mello, J. M., Mello, C. R., Oliveira, A. D., Silva, S. T., & Scolforo, J. R. S. (2012). Geostatistical techniques and spatial interpolators in the stratification of *Eucalyptus* sp. Stands. *Ciência Florestal*, 22(3), 541-550.
- Guidugli, T. B. (2022). Desenvolvimento inicial do Eucalipto em convivência com Capim-amargoso resistente ao Glifosato.
- Guimarães, V. M., Soares, T. S., & Cruz, E. S. (2020). Influence of spacing in first and second rotation of eucalyptus managed under system of short rotation. *Agrarian Sciences Journal*, (12), 1-10. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.19247>
- Ibá- Indústria Brasileira de Árvores. (2021). Relatório anual Ibá. São Paulo.
- Leal, F. A., Matricardi, E. A. T., & Miguel, E. P. (2014). Geostatistical interpolator to estimate volume in a settlement of *Eucalyptus urophylla* located in Rio verde/Goias. *Nucleus*, 11 (1), 153-159. <http://doi.org/10.3738/1982.2278.1021>
- Leal, F. A., Miguel, E. P., & Matricardi, E. A. T. (2011). Mapeamento de unidades produtivas utilizando a interpolação geoespacial krigagem a partir do inventário florestal em um povoamento de *Eucalyptus urophylla*. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 7(13), 727-745.
- Lima, C. G. R., Carvalho, M. P., Narimatsu, K. C. P., Silva, M. G., & Queiroz, H. A. (2010). Atributos físico-químicos de um Latossolo do cerrado brasileiro e sua relação com características dendrométricas do eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência*, 34(1), 163-173.
- Lundgren, W. J. C., Silva, A. A., & Ferreira, R. L. C. (2016). Influência do Tipo de Amostragem na Estimativa de Volume de Madeira de Eucalipto por Krigagem. *Floresta e Ambiente*, 23(4), 511-523.
- Lundgren, W., Jorge, W., Silva, A., Antônio, J., Ferreira, C., & Luiz, R. (2015). Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. *Rede de Revistas Científicas da América Latina*, 21(2), 243-250.
- Neto, E. M. d. C., Junior, M. R. N., Melo, M. R. d. S., & Rocha, J. E. C. d. (2019). *Eucalyptus* spp. volume determined through geospatial interpolation. *Científica*, 47(4), 434-440.
- Nunes, I. M., Leite, E. S., Lima, R. J., Minette, L. J., Schettino, S., & Souza, A. P. (2020). Spatial variability of *Eucalyptus* clones in the function of soil tillage and fertilization. *Brazilian Journal of Development*, 6(3), 12334-12349.
- Oliveira, P. S. (2018). Forestry activities on rural properties in the municipality of Cândido Sales, BA. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Pelissari, A. L., Caldeira, S. F., Santos, V. S., Santos, J. O. P. (2012). Spatial correlation of soil chemical attributes with the development of teak in Mato Grosso. *Brazilian Journal of Forestry Research*, 32(71), 247-256. <http://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.71.247>
- Pelissari, A. L., Figueiredo Filho, A., Caldeira, S. F., & Machado, S. A. (2014a). Geostatistic Applied to Spatial Modeling of Hypsometric Relationships in Forest Stands. *American International Journal of Contemporary Research*, 4(7), 67-76.
- Pelissari, A. L., Filho, A. F., Caldeira, S. F., & Machada, A. S. (2014). Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos florestais de teca em período pré-desbaste seletivo no estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Biometria*, 32(3), 430-444.
- Pinto, L. O. R., Cordeiro, N. G., Souza, R. L. F., Perreira, R. T., & Mello, J. M. (2019). Avaliação de índices de dependência espacial de modelos Geostatísticos sobre a krigagem. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, 16(29), 33-352. [http://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2019A25](http://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A25)
- Ribeiro, E. P., Magalhães, J. L., Rodrigues, A. A., Rodrigues, D. A., Frazão, M. A., & Rodrigues, C. L. (2015). Análise inicial do super clone de eucalipto adubado com lodo de efluente suíno. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 35(84), 399-407.
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. (2008). As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. et al. (Eds.). Cerrado: ecologia e flora. 1. ed. Brasília: *Embrapa Informação Tecnológica*, 151-212.
- Robertson, G. P. (2008). GS+: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's guide. *Plainwell*, Gamma Design Software, 152.
- Santos, M. C., Roveda, M., Zanon, M. L. B., Figueiredo Filho, A., Roik, M., Pacheco, J. M., & Scavinski, V. (2017). Inventário florestal utilizando técnicas de silvicultura de precisão em povoamentos de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden. *Floresta e Ambiente*, (24), 1-9. <http://doi.org/10.1590/2179-8087.082714>



- Santos, M. D. dos. (2011). Efeito do espaçamento de plantio na biomassa do fuste de um clone híbrido interespecífico de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. Dissertação (Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu, SP.
- Santos, W. S., Barboza, M. E. S., Muniz, P. H. P. C., Menezes, J. O. S., Guimarães, G. R. & Carvalho, D. D. C. (2020). Scientometric analysis of the main eucalyptus diseases. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*, 9(3), 40-45.
- Sciarretta, A., & Trematerra, P. (2014). Geostatistical Tools for the Study of Insect Spatial Distribution: Practical Implications in the Integrated Management of Orchard and Vineyard Pests. *Plant Protection Science*, 50(2), 97-110.
- Silva, F. M. da., Souza, Z. M. de., Figueiredo, C. A. P. de., Marques Júnior, J., & Machado, R. V. (2007). Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. *Ciência Rural*, 37(2), 401-407.
- Silva, L. D., Leite, H. P. P., Bastos, F. G., Freire, L. V., Higa, A. R., & Victoria, D. d. C. (2021). Importância em se conhecer o tipo de solo e as particularidades da adubação em áreas de cerrado. *Embrapa Agricultura Digital-Capítulo em livro científico (ALICE)*.
- Souza, R. M. S., Almeida, A. Q. D., Ribeiro, A., Souza, E. S. D., & Leite, F. P. (2015). Evaluation of the spatial dependence of dendrometric characteristics for an *Eucalyptus* plantation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(4), 483-488. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v37i4.19676>
- Souza, S. T., Lima, M. B., Lima, J. L., Aguiar, A. M., Dias, D. C., Rezende, G. D. S. P., & Ramalho, M. A. P. (2020). Selection of eucalypt clones with higher stability in pulp yield. *Brazilian Journal of Forest Science*, (44), 1-9. <http://doi.org/10.1590/1806-908820200000003>
- Tocantins (2012). Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão. Atlas do Tocantins: subsídio ao planejamento da gestão territorial. Palmas: Seplan.
- Vieira, S. R. (2000). Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, (1), 1-53.
- Watzlawick, L. F., & Benin, C. C. (2020). Variáveis dendrométricas e produção de *Eucalyptus benthamii* em diferentes espaçamentos. *Colloquium Agrariae*, 16(6), 111-120.
- Wojciechowski, C. J. (2006). Geoestatística aplicada ao estudo das características físico-químicas do solo em áreas de floresta estacional decidual. Dissertação do mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 1-103.