

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**RAFAEL AUGUSTO MARTIN**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E DNA TOTAL  
DE UM LATOSSOLO EM ÁREAS DE EUCALIPTO E MATA CILIAR**

**Ilha Solteira  
2022**

**RAFAEL AUGUSTO MARTIN**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA E DNA TOTAL  
DE UM LATOSSOLO EM ÁREAS DE EUCALIPTO E MATA CILIAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp  
como parte dos requisitos para obtenção do título  
de Biólogo.

Nome do autor

**Rafael Augusto Martin**

Nome do orientador

**Prof.º Dr.º Rafael Montanari**

Ilha Solteira  
2022

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Martin, Rafael Augusto.

M379v Variabilidade espacial do teor de matéria orgânica e DNA total de um latossolo em áreas de eucalipto e mata ciliar / Rafael Augusto Martin. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022  
28 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -  
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Rafael Montanari

Inclui bibliografia

1. Correlação. 2. Indicadores biológicos. 3. Qualidade do solo. 4.  
Dependência espacial. 5. Geoestatística.

*Raiane da Silva Santos*  
Raiane da Silva Santos

Supervisor e Secretário de Seção  
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao Usuário e Documentação  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação  
CIBIS - 2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**

**FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

TÍTULO: Variabilidade espacial do teor de matéria orgânica e DNA total de um Latossolo em áreas de eucalipto e mata ciliar

ALUNO: Rafael Augusto Martin

RA: 151051771

ORIENTADOR: Rafael Montanari

**Aprovado (X) - Reprovado ( ) pela Comissão Examinadora com Nota: 9.8**

**Comissão Examinadora:**



---

Prof. Dr. Rafael Montanari  
*Presidente (Orientador)*



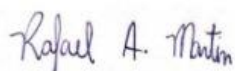
---

Dr. Douglas Henrique Bandeira



---

Me. Tatiane Carla Silva



---

Rafael Augusto Martin

Ilha Solteira, 05 de janeiro de 2022.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus amigos e minha família que de forma direta e indireta contribuíram para o fechamento de mais um ciclo da minha vida. Sou um dos primeiros membros da família a obter um diploma numa universidade pública e dedico este título a todos eles.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe **Sandra Aparecida Migliato Santos** e meu pai **Marcelo José Gimenez Martin** por cuidarem de mim em todas as etapas da minha vida e por fazerem de mim o ser humano que sou hoje.

Agradeço ao meu orientador **Rafael Montanari** por ter sido solícito durante toda orientação e por todo conhecimento construído até aqui como orientador, professor e amigo.

Agradeço ao **Douglas Bandeira, Hernandes Andrade, Pedro Nisti, e Rafael Montanari** por me auxiliarem na coleta do solo para o trabalho acontecer.

Agradeço ao **Carlinhos** do laboratório de Fertilidade de Solos - FEIS por me ajudar com a análise da matéria orgânica e **Tatiane Carla Silva** pela extração do DNA total do solo.

Agradeço a minha amiga irmã **Maria Gabriela Rezende, Ronaldo Oliveira, Ana Beatriz Miraldi e Jaqueline Silva** por sempre me apoiarem e me ajudarem em tudo e a todos meus amigos da graduação pelos momentos vividos, pela parceria profissional e agora, parceria para a vida.

Gratidão a todos os envolvidos nessa conquista.

## RESUMO

Matas ciliares são sistemas florestais que margeiam rios, lagos, riachos e são fundamentais na manutenção da biodiversidade, mitigação de processos erosivos e assoreamento de rios. O *Eucalyptus* é um gênero que apresenta ciclo de vida curto, pode acumular toneladas de nitrogênio em sua biomassa, e tem alta deposição de serrapilheira no solo, que é um ecossistema muito complexo e diversificado. A matéria orgânica do solo é o produto final da ciclagem de todo material orgânico e nutrientes e o principal responsável por essa transformação é a biomassa microbiana, um bioindicador de qualidade, que apresenta forte correlação com a fração orgânica do solo. Através da variabilidade espacial da matéria orgânica e DNA total, objetivou-se avaliar a dependência espacial e correlação entre matéria orgânica e DNA total de um Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado sul-mato-grossense de uma área de *Eucalyptus* e Mata Ciliar. Os resultados mostraram alta heterogeneidade dos atributos, com coeficiente de variação médio para *Eucalyptus* e alto para Mata Ciliar. O valor médio do teor de matéria orgânica para *Eucalyptus* foi alto e para Mata Ciliar médio. O teste de nulidade entre os dados foi Shapiro-Wilk a 1%, tendo distribuição normal para ambas variáveis de *Eucalyptus*. Para a Mata Ciliar, a distribuição para matéria orgânica apresentou tendências de normalidade, já o DNA total foi indeterminado. A correlação de Pearson entre as variáveis foi significativa e positiva, portanto uma depende da outra. O *Eucalyptus* apresentou maior teor de matéria orgânica e conseqüentemente maior de DNA total. Ambos atributos apresentaram efeito pepita puro descrito por Daniel Krige em meados da década de 60, portanto não houve dependência espacial, possivelmente pela heterogeneidade dos mesmos na malha. A coleta foi feita no período seco, o que pode ter influenciado o número de microrganismos.

**Palavras-chave:** Correlação; Indicadores Biológicos; Qualidade do Solo; Dependência Espacial; Geoestatística.

## ABSTRACT

Riparian forests are forest systems that border rivers, lakes, streams and are essential for maintaining biodiversity, mitigating erosion processes and silting up rivers. Eucalyptus is a species that has a short life cycle, can accumulate tons of nitrogen in its biomass, and has high litter deposition in the soil. Soil is a very complex and diverse ecosystem. The soil organic matter is the final product of the cycling of all organic material and nutrients, and the main responsible for this transformation is the microbial biomass, a quality bioindicator, which has a strong correlation with the organic fraction of the soil. Through the spatial variability of the organic matter (M.O) e DNA total, the objective was to evaluate the spatial dependence and correlation between M.O and total DNA of an Oxisol in the southern cerrado of Mato Grosso in an area of *Eucalyptus* and Riparian Forest. The results showed a medium coefficient of variation for *Eucalyptus* and high for Riparian Forest, that is, high heterogeneity of the variables. The average value of M.O content for *Eucalyptus* was high and for Riparian Forest medium. The test of nullity between the data was Shapiro-Wilk at 1%, with normal distribution for both *Eucalyptus* variables. For the Riparian Forest, the distribution for M.O was shown to tend to normality and indeterminate for total DNA. Pearson correlation between variables was significant and positive, so one depends on the other. *Eucalyptus* had higher M.O content and consequently higher total DNA. Both attributes showed a pure nugget effect, described by Daniel Krige in the mid-1960s, so there was no spatial dependence, possibly due to their heterogeneity in the mesh. The collection was carried out in the dry period, which may have influenced the number of microorganisms.

**Keywords:** Correlation; Biological Indicators; Soil Quality; Spatial Dependency; Geostatistic.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Imagem de satélite das áreas de <i>Eucalyptus</i> e Mata Ciliar.....	16
<b>Figura 2</b>	- Modelo representando a malha das áreas do estudo.....	16
<b>Figura 3</b>	- Perfil característico de amostra de ácido nucleico típico.....	19

## LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** - Análise estatística descritiva de teor de matéria orgânica e DNA total de um Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado sul-mato-grossense..... 22
- Quadro 2** - Análise Geoestatística para matéria orgânica e DNA total de um Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado sul-mato-grossense..... 23

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

N	Nitrogênio
M.O	Matéria Orgânica
MOS	Matéria Orgânica do Solo
BMS	Biomassa Microbiana do Solo
CBM	Carbono da Biomassa Microbiana do Solo
FEPE	Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão
$r^2$	Maior Coeficiente de Determinação
SQD	Soma dos Quadrados dos Desvios
ADE	Avaliador da Dependência Espacial
CV	Coeficiente de Variação

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>1 Introdução.....</b>	13
<b>2 Material e Métodos.....</b>	15
<b>2.1 Amostragem de solo.....</b>	15
<b>2.2 Coleta e determinação dos atributos apresentados.....</b>	16
<b>2.3 Extração de DNA total do solo.....</b>	17
<b>2.4 Quantificação de DNA usando o Espectrofotômetro         NanoDrop 2000c.....</b>	18
<b>2.5 Análises Estatísticas e Geoestatísticas dos atributos.....</b>	19
<b>3 Resultados e Discussão.....</b>	20
<b>3.1 Análises Geoestatísticas.....</b>	22
<b>4 Conclusões.....</b>	23
<b>5 Referências.....</b>	24

## 1 Introdução

O solo é um dos ecossistemas microbianos mais diversos do mundo, repleto de bactérias, fungos, arqueias, vírus e protistas. Essas comunidades microbianas são essenciais para a saúde das plantas e pela resistência a fatores de estresse, como secas, poluição por metais pesados e até mesmo parasitismo (CLUTTER, 2021). Os microrganismos atuam diretamente no funcionamento do solo e em papéis significativos como manutenção de sua estrutura microporo-macroporo, decomposição da matéria orgânica e ciclos biogeoquímicos (TATE III, 2000). Suas taxas de atividade, biomassa, estrutura da comunidade e diversidade mudam rapidamente, mesmo antes de serem detectadas mudanças nas propriedades físico-químicas do solo (SHARMA *et al.*, 2010).

Desse modo, essas características relacionadas à rápida resposta a perturbações causadas ao solo atribuem, aos microrganismos, a condição de bons bioindicadores da qualidade do solo (ALVES *et al.*, 2011). Por muito tempo, estudos de diversidade e quantificação microbiana do solo eram baseados exclusivamente nas técnicas de cultura de rotina que são tendenciosas apenas para microrganismos de crescimento rápido, que crescem apenas em meio rico em nutrientes. Assim, a maioria dos microrganismos não cultiváveis não são capturados por tais técnicas.

A matéria orgânica do solo (MOS) é composta por resíduos vegetais, em maior fração, e animais sendo controlada por uma dinâmica de diferentes graus de deposição, decomposição e renovação do material (FERNANDES *et al.* 2013). A MOS é o produto final da ciclagem de todo material orgânico em minerais através da atividade biológica da microbiota e microrganismos presentes no solo (FERNANDES *et al.* 2013). O solo é um ecossistema muito complexo e heterogêneo, se não o mais. Ele abriga alta diversidade biológica de comunidades de microrganismos, a biomassa microbiana do solo (BMS) e microbiota que atuam diretamente nos processos microbiológicos e bioquímicos do solo, os quais influenciam na sua produtividade (PREVIATI *et al.* 2012).

ALVES, *et al* (2011) dizem que a BMS é a principal responsável pela transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, portanto um confiável e sensível indicador de qualidade do solo. O carbono da BMS (CBM) é a quantidade de carbono imobilizado nas células da biomassa microbiana e sua análise pode comparar solos e mudanças de manejos e até avaliar impactos ambientais (ALVES, *et al.*, 2011). Entender processos microbianos pode auxiliar no manejo de sistemas de produção, mas em contradição às atividades agrícolas

intensivas e o uso inadequado de insumos e agrotóxicos, afeta diretamente a disponibilidade de nutrientes, afetando a diversidade e estrutura de comunidades microbianas (COSTA *et al.*, 2013).

Matas Ciliares são entendidas como sistemas florestais nativos que margeiam rios, cursos d'água, riachos; também se estabelecem de forma natural no entorno de lagos e nascentes (VOGEL *et al.*, 2009). Pode-se considerar que regiões ciliares são ecótonos, sendo o encontro dos ecossistemas terrestres e aquáticos (SANTOS *et al.*, 2011). São fundamentais na manutenção da biodiversidade ofertando recursos, habitat para a fauna, além da formação de corredores ecológicos (VOGEL *et al.*, 2009). Também conhecidas por florestas ripárias, mitigam o impacto de sedimentos e agroquímicos escoados superficialmente por processo erosivo e conseqüentemente o assoreamento de rios; esse tipo de vegetação além de reduzir taxas de erosão, também pode recarregar aquíferos e pode ser um bioindicador de qualidade da água (VOGEL *et al.*, 2009).

O gênero *Eucalyptus*, nativo da Austrália, apresenta alta versatilidade em sua utilização e espécies adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas (SANTOS *et al.*, 2012). Apresenta ciclo de vida menor dentre plantas produtoras de madeira (VERGUTZ *et al.*, 2010) e a demanda nutricional se equipara à produtividade florestal, podendo acumular toneladas de nitrogênio (N) por hectare (JESUS *et al.*, 2012) o que explica o interesse da pesquisa e do cultivo, serem comum no Brasil. Ainda explicam que, apesar dos indivíduos acumularem quantidades elevadas de N, o aumento do volume e biomassa do *Eucalyptus* em resposta a aplicações do fertilizante tem se mostrado inexpressivo. Isso pode ser explicado pelo nitrogênio mineralizado pela matéria orgânica do solo (VERGUTZ *et al.*, 2010).

A variabilidade espacial, principalmente se tratando de atributos físico-químicos do solo, têm preocupado cientistas desde o começo do século em como entender a distribuição de certas propriedades do solo e seu rendimento produtivo em cultivos agrícolas, diz Vieira, (2000). A descontinuidade desses estudos, deu espaço ao que hoje chamamos de estatística clássica que consiste em técnicas de casualização e repetição levando a utilização do método de amostragem ao acaso, considerando a aleatoriedade dos dados, sem dependência espacial (VIEIRA, 2000). Na estatística clássica, desconsiderando as coordenadas geográficas de uma determinada malha, assume-se uma distribuição normal da frequência e independência entre as amostras, representando a validade do uso da média e desvio padrão para representação dos dados, assume Vieira (2000).

Portanto, sabe-se que muitas propriedades físico-químicas e biológicas do solo não são variáveis aleatórias no espaço (REICHERT *et al.*, 2008), havendo dependência espacial, chamadas de variáveis regionalizadas, incapazes de serem analisadas pela estatística clássica. A variável regionalizada apresenta uma continuidade geográfica no espaço que é atribuída pela tendência da variável apresentar valores semelhantes em pontos vizinhos e mais destoantes se mais distantes (LANDIM, 2006). A geoestatística surge como uma ferramenta que permite tratar dados espaço-temporais regionalizados, por meio do semivariograma e krigagem, diz Landim (2006).

Neste contexto, a biologia molecular tem se apresentado como uma ferramenta útil na análise microbiana, através da extração do DNA microbiano diretamente do solo. Sendo assim, o objetivo do trabalho é avaliar a variabilidade linear e espacial dos teores de matéria orgânica e material genético total de um Latossolo do Cerrado sul-mato-grossense nas áreas de *Eucalyptus* e Mata Ciliar. Especificamente, objetivou demonstrar correlação entre M.O e DNA total, posteriormente podendo utilizá-los como bioindicadores da qualidade do solo em estudos de variabilidade espacial. Destaque para a utilização de DNA total como atributo microbiológico do solo, sendo um trabalho pioneiro no tratamento da variável nas técnicas de geoestatística, podendo assim, contribuir para a pesquisa do nosso país e servir de base para novos estudos.

## **2 Material e Métodos**

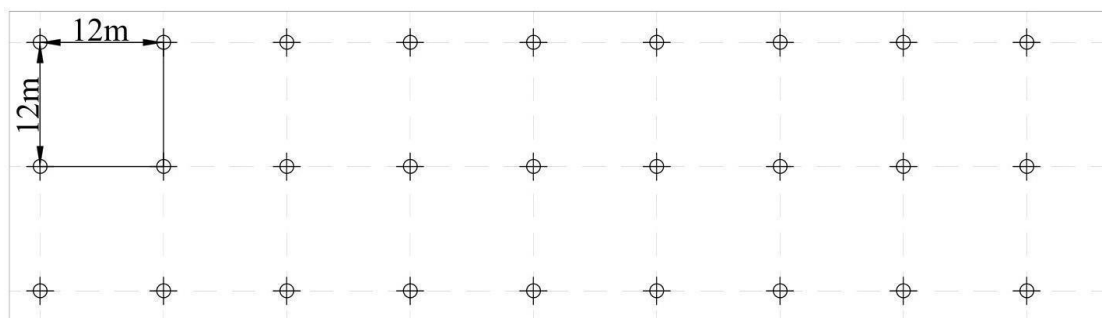
### **2.1 Amostragem do solo**

As amostras foram coletadas no dia 23/07/2021 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEPE, localizada no município de Selvíria - MS, com coordenadas geográficas na latitude 20°22'S e na longitude 51°22'W, precipitação anual de 1300 mm e temperatura média de 23,7°C. Segundo a classificação de Koeppen, o clima segue o tipo A<sub>w</sub>, caracterizado como tropical úmido, tendo estação seca no inverno e chuvosa no verão bem marcadas. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2018). A área de Mata Ciliar e de *Eucalyptus camaldulensis* (Figura 1) foi implantada na FEPE em 1986 e desde então tem sido monitorada. Portanto, o solo de ambas malhas do presente estudo, não é submetido a qualquer tipo de ação antrópica a mais de 30 anos. Em toda a malha de ambas as áreas foram distribuídos 30 pontos com espaçamento de 12m entre eles (Figura 2).



**Figura 1** - Imagem de satélite das áreas de *Eucalyptus camaldulensis* (A) e Mata Ciliar (B).

Fonte: Google Earth



**Figura 2** - Modelo representando a malha das áreas do estudo. Fonte: próprio autor.

## 2.2 Coleta e determinação dos atributos apresentados

Os atributos analisados do solo foram coletados em cada ponto amostral juntamente, para posterior análise individual. As análises laboratoriais foram realizadas no mês de outubro de 2021 e os atributos foram: matéria orgânica (**M.O**) e DNA total do solo (**DNA total**) coletados com profundidade de 0-0,10 m, na camada superficial.



O carbono orgânico (C) foi determinado pela técnica de combustão úmida, via colorimétrica, resultando o teor de matéria orgânica no solo pela expressão (Raij *et al.*, 1987):

$$\text{MO} = \text{C} \cdot 17,24 \dots \dots \dots (01)$$

onde: **MO** é o teor de matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ) e **C** o teor de carbono orgânico ( $\text{g dm}^{-3}$ ). A análise foi realizada no Laboratório de Física e Química do Solo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP.

### 2.3 Extração de DNA total do solo

A extração de DNA foi realizada utilizando-se a técnica descrita por Selbach (1998), com modificações na quebra das amostras do solo no aparelho fast prep e não por agitação.

Uma amostra de solo de 0,25 g foi colocada em microtubo de 1,5 ml contendo 0,5 ml de pérolas de vidro de 0,1 mm de diâmetro. Foram adicionados 500  $\mu\text{l}$  de tampão fosfato (120 mM, pH 8,0). Posteriormente, esse material foi submetido a um ciclo “*bead beater*”, isto é, agitação em aparelho FAST-PREP por 20 segundos, velocidade 4,0.

Em seguida, esse material foi centrifugado a 14.000 x *rpm* por 15 minutos, sendo o sobrenadante descartado. Em seguida foram adicionados 500  $\mu\text{l}$  da solução de lise (0,01 M Tris HCl, pH 8,0; lisozima 10 mg/ml) contendo  $\text{CaCl}_2$  e incubado por uma hora a 37 °C com agitação a cada 15 minutos.

No fim desse período, foi adicionada proteinase K, para se ter uma concentração final igual a 200  $\mu\text{g/ml}$  e a solução foi incubada sob as mesmas condições anteriores. Logo depois, foram acrescentados 500  $\mu\text{l}$  de solução de SDS (0,1 M NaCl, 0,5 M Tris-HCl pH 8,0, 10% [peso/volume] SDS) e a mistura foi homogeneizada em agitador tipo vórtex durante 5 segundos e então submetida a três ciclos de congelamento (–20 °C em freezer) e descongelamento (a 65 °C em banho maria).

A solução foi misturada e centrifugada a 1400 x *rpm* por 15 minutos, sendo o sobrenadante transferido para um novo tubo. Foi adicionado EDTA ao sobrenadante para se ter uma concentração final igual a 20 mM.

Finalmente, o DNA foi precipitado utilizando-se 0,6 volumes de isopropanol e incubado a –20 °C de um dia para o outro (aproximadamente 24 horas). Após esse período, a

amostra foi centrifugada a 14000 x *rpm* por 15 minutos e o precipitado formado foi lavado com etanol 70% e ressuspenso com 100  $\mu$ L de tampão TE, e estocado a -20 °C.

#### **2.4 Quantificação de DNA usando o Espectrofotômetro NanoDrop 2000c**

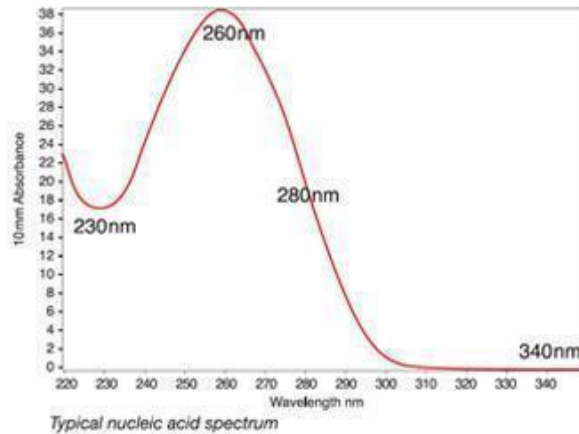
A quantificação foi realizada seguindo a metodologia de Desjardins e Conklin (2010). Para começar a quantificação de cada amostra no Nanodrop, limpa-se as superfícies superior e inferior óptica do sistema de retenção microvolume do espectrofotômetro, pipetando-se 2-3  $\mu$ L de água deionizada para limpar a superfície inferior óptica. Fecha-se o braço de alavanca, garantindo que o pedestal superior entre em contato com a água deionizada. Levanta-se o braço de alavanca e limpa-se ambas as superfícies ópticas com um pano, sem fiapos, limpo e seco. Após o feito, segue-se os seguintes passos:

1. Abrir o software NanoDrop e selecionar o aplicativo de ácido nucléico. Usar um volume pequeno e um pipetador calibrado para realizar uma medição em branco. Dispensar 1  $\mu$ L de tampão para a superfície inferior óptica. Abaixar o braço da alavanca e selecionar "branco" na aplicação de ácido nucléico.

2. Uma vez que a medição em branco é realizada, limpar novamente ambas as superfícies ópticas com um pano limpo, sem fiapos e seco.

3. Dispensar 1 mL de amostra de ácido nucléico para o pedestal inferior óptico e fechar o braço de alavanca.

4. Selecionar "Measure" no software de aplicação. O software irá calcular automaticamente as taxas de concentração de ácido nucléico e pureza.



**Figura 3** - Perfil característico de amostra de ácido nucleico típico.

**2.5 Análises Estatísticas e Geoestatísticas dos atributos**

A análise descritiva de ambos os atributos foi efetuada por estatística clássica. Com o SAS 9.3 (SCHLOTZHAVER; LITTELL, 1997) foi calculado média, mediana, valores mínimo e máximo, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose e assimetria. Para testar a hipótese de normalidade ou lognormalidade dos atributos (x), foi utilizado o teste Shapiro-Wilk (1965) a 1%. A estatística W testa a hipótese nula que, se confirmada, significa que a amostra é proveniente de populações com distribuição normal.

Foi montada a matriz de correlação com intuito de efetuar regressões lineares entre matéria orgânica e DNA total.

Os ajustes dos semivariogramas simples, em função de seus modelos, foram efetuados prioritariamente pela seleção inicial de: a) o maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ); b) a menor soma dos quadrados dos desvios (**SQD**), e c) o maior avaliador do grau da dependência espacial (**ADE**). A decisão final do modelo que representou o ajuste foi realizada pela validação cruzada, assim como para a definição do tamanho da vizinhança que proporcionou a melhor malha de krigagem, realizadas por meio da krigagem em blocos. Para cada atributo, foram estimados o efeito pepita ( $C_0$ ), o alcance ( $A_0$ ) e o patamar ( $C_0 + C$ ). A análise do avaliador da dependência espacial (**ADE**) foi efetuada conforme a expressão mencionada Montanari *et al.* (2010), no qual:

$$ADE = [C/(C + C_0)] \cdot 100.....(02)$$

onde, ADE é o avaliador de dependência espacial; C, a variância estrutural; e C + Co, o patamar, propondo a seguinte interpretação:  $ADE \leq 25\%$  indica variável espacial fracamente dependente;  $25\% < ADE \leq 75\%$  indica variável espacial moderadamente dependente; e  $ADE > 75\%$  indica variável fortemente dependente.

### 3. Resultados e Discussão

O Quadro 1 apresenta a análise estatística descritiva para M.O. e DNA total do solo para o *Eucalyptus* e Mata Ciliar. Os valores de média e mediana estão normais e o desvio padrão está dentro da média, portanto os valores das variáveis têm distribuição normal, sem tendência a probabilidade. O valor médio de M.O para *Eucalyptus* foi  $74,7 \text{ g/dm}^3$  (alto) e para a Mata Ciliar  $37,1 \text{ g/dm}^3$  (médio). Esses valores corroboram com Henrique *et al.* (2015), onde dizem que teores de M.O  $< 15 \text{ g/dm}^3$  são classificados como baixos,  $15 \text{ a } 25 \text{ g/dm}^3$  como médios e  $> 25 \text{ g/dm}^3$  como altos. Safanelli *et al.* 2015 estudando zonas de manejo de um solo comercial, obtiveram resultado médio para M.O de valor 35,6, semelhante ao do presente trabalho. Lima *et al.* (2008) estudando frações de M.O de um Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho, após três anos do cultivo de *Eucalyptus* em áreas degradadas, atestam que o mesmo ajuda na recuperação de carbono orgânico pela alta deposição de serrapilheira no solo. Mesmo apresentando números inferiores, um estudo na mesma área do presente trabalho diz que o reflorestamento ciliar contribui para a deposição de matéria orgânica no solo, mantendo as propriedades químicas para posterior restabelecimento da mata, evidenciam Silva *et al.* (2012).

Fernandes *et al.* (2013) atestam que o *Eucalyptus* promove um elevado teor de carbono orgânico do solo, porém a biomassa microbiana apresenta baixa eficiência na manutenção do carbono se comparado com área de cerrado preservado, o que pode também acontecer com a área de reflorestamento ciliar do cerrado sul-mato-grossense. Segundo Fraga *et al.* (2012), a diversidade das espécies da serapilheira advém da diversidade de espécies das plantas e isso somada a diversidade de espécies decompositoras, influenciam diretamente na decomposição, disponibilidade de nutrientes no solo. Deste modo, áreas de matas nativas têm maior diversidade de espécies vegetais, logo uma serapilheira diversificada e diferentes microrganismos, assim como dizem Arenhardt *et al.* (2017). Portanto, a Mata Ciliar pode apresentar maior diversidade de microrganismos se comparado ao *Eucalyptus*, sendo necessário uma análise de identificação das espécies.

Montanari *et al.* (2010) analisando aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico, diz que a variabilidade de um atributo pode ser classificado de acordo com a magnitude do seu coeficiente de variação (CV), sendo determinado como baixo ( $CV \leq 10\%$ ), médio ( $10\% < CV \leq 20\%$ ), alto ( $20\% < CV \leq 30\%$ ) e muito alto ( $CV > 30\%$ ). No *Eucalyptus* o CV para M.O foi 19,4 e para o DNA total 18,6, ambos sendo classificados como médios. Já o CV Mata Ciliar para M.O foi 24,3 e para DNA total 24,8, ambos sendo classificados como altos. Portanto, as variáveis se encontram de forma heterogênea na malha. Ambas as áreas foram plantadas em 1986 e desde então o solo não é manuseado com nenhum agroquímico ou qualquer interferência antrópica, o que pode explicar alta heterogeneidade.

O teste utilizado para testar a normalidade dos dados foi o de Shapiro-Wilk a 1%. Para ambas as variáveis do *Eucalyptus*, os valores foram  $Pr < W$  0,4621 para M.O e  $Pr < W$  0,2420 para DNA total, apresentando normalidade dos dados, corroborando com dados de Dalchiavon *et al.* (2011) que demonstraram através do teste, normalidade para diversos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico. Para a Mata Ciliar o teste se mostrou tendendo ao normal para M.O e indeterminado para DNA total, com valores do  $Pr < W$  de 0,0229 e 0,0141 respectivamente. O teste de Shapiro-Wilk é recomendado para amostras maiores e o número de amostras pode ter sido um problema para a coleta da área com um acesso dificultoso (TORMAN *et al.*, 2012).

A correlação de Pearson para o *Eucalyptus* (M.O x DNA total)  $r^2 = 0,985^{**}$  e para a Mata Ciliar  $r^2 = 0,945^{**}$  foi significativa e positiva a 1% de probabilidade, ou seja, existe a correlação entre as variáveis. Portanto, à medida que se aumenta a matéria orgânica, também aumentará a biomassa microbiana do solo. Toda *et al.* (2011) evidenciaram uma correlação significativa e positiva entre a matéria orgânica e biomassa microbiana do solo. A coleta foi feita no período seco do ano, o que pode ter influenciado no DNA total, visto que o período chuvoso é favorável para os microrganismos e conseqüentemente para atividade microbiana e incorporação de resíduos orgânicos. (HOFFMANN *et al.*, 2018).

Quadro 1 - Análise estatística descritiva de teor de matéria orgânica e DNA total de um Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado sul-mato-grossense.

Medidas estatísticas descritivas										
Atributo <sup>(a)</sup>	Valor		Coeficiente				Probabilidade do Teste <sup>(b)</sup>			
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variação (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>									
MO (g/dm <sup>3</sup> )	74,7	76,5	49	103	14,5	19,4	-0,657	0,226	0,4621	NO
DNA (Ng/ml)	1019,8	1067,5	673	1350	189,7	18,6	-0,949	-0,004	0,242	NO
<b>Mata Ciliar</b>										
MO (g/dm <sup>3</sup> )	37,1	36	25	59	9,06	24,3	0,269	0,914	0,0229	TN
DNA (Ng/ml)	490,9	486,5	298	805	122,1	24,8	1,196	1,053	0,0141	IN

<sup>(a)</sup> M.O = matéria orgânica e DNA total coletados da camada superficial do solo; <sup>(b)</sup> DF = distribuição de frequência, sendo NO, normal, TN, tendendo ao normal e IN, indeterminado.

### 3.1 Análise Geoestatística

Foi atestado que, ambas variáveis e também ambas malhas apresentaram efeito pepita puro (Quadro 2), não apresentando nenhuma dependência espacial. Isso pode estar relacionado ao reduzido número de coletas, pela dificuldade de acesso dentro das malhas. Foram coletadas amostras de 60 pontos ao total, sendo 30 na malha de *Eucalyptus* e 30 na malha da Mata Ciliar. A heterogeneidade das variáveis, por se tratar de uma área plantada há mais de 30 anos sem ação antrópica desde então, é outro fato que pode estar relacionado com a independência espacial.

Quadro 2 - Análise Geoestatística para matéria orgânica e DNA total de um Latossolo Vermelho Distroférico do Cerrado sul-mato-grossense.

Parâmetros								
Atributos (a)	Modelo (b)	Efeito		Alcance		SQR <sup>(c)</sup>	Avaliador da dependência espacial	
		Pepita (C <sub>0</sub> )	Patamar (C <sub>0</sub> +C)	(A <sub>0</sub> ) (m)	r <sup>2</sup>		ADE <sup>(d)</sup>	Classe
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>								
M.O (g/dm <sup>3</sup> )	epp	198,2	198,2	-	-	-	-	-
DNA total (Ng/ml)	epp	34970	34970	-	-	-	-	-
<b>Mata Ciliar</b>								
M.O (g/dm <sup>3</sup> )	epp	81,53	81,53	-	-	-	-	-
DNA total (Ng/ml)	epp	13690	13690	-	-	-	-	-

<sup>(a)</sup> M.O = matéria orgânica e DNA total coletados da camada superficial do solo; <sup>(b)</sup> epp - efeito pepita puro; <sup>(c)</sup> SQR = soma dos quadrados dos resíduos; <sup>(d)</sup> ADE = avaliador de dependência espacial.

#### 4. Conclusão

Não houve dependência espacial entre as variáveis, ocorrendo efeito pepita puro para as duas áreas, possivelmente pelo fato do coeficiente de variação apresentar níveis entre médio e alto evidenciando heterogeneidade dos atributos no solo. O baixo número de coletas pode ter afetado o resultado.

A correlação de Pearson para M.O e DNA total foi significativa positiva a 1%, portanto uma depende da outra. O *Eucalyptus* apresentou maior teor das variáveis em relação à Mata Ciliar, porém solos cultivados com *Eucalyptus* podem apresentar baixa atividade microbiana.

A coleta foi realizada no período seco, o que pode ter sido um fator determinante no número de DNA total, uma vez que o período chuvoso torna o ambiente propício para microrganismos.

Na Mata Ciliar ocorre maior diversidade de espécies vegetais o que influencia o número de espécies de microrganismos, necessitando análise de identificação.

## 5. Referências

ALVES, Tatiane dos Santos *et al.* Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes sistemas de manejos. Campo Mourão - PR. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 341-347, 24 mai. 2011.

ARRAES, Marcio Ricardo Lacerda Modesto *et al.* Competição de espécies e híbridos de *Eucalyptus* ssp. na região de Selvíria, MS. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira - SP, v. 20, n. 1, p. 39-50, jan. 2011.

ARENHARDT, Taise Cristina Plattau *et al.* Influência de diferentes técnicas de restauração ecossistêmica na composição de artrópodes de serapilheira na Mata Atlântica, Brasil. **Revistas Espacios**, Venezuela, v. 38, n. 44, p. 26-41, jun. 2017.

CLUTTER, C. Unearthing the Soil Microbiome, Climate Change, Carbon Storage Nexus. 13 May 2021.

COSTA, Elaine Martins da *et al.* Matéria orgânica do solo e seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia - GO, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, dez. 2013.

DALCHIAVON, Flávio Carlos *et al.* Variabilidade espacial da produtividade do feijoeiro correlacionada com atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférico sob sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas - SP, v. 35, n. 5, p. 908-916, 2011.

DESJARDINS, P., & CONKLIN, D. Quantificação NanoDrop em microvolume de ácidos nucleicos. **JoVE (Journal of Visualized Experiments)**, n. 45, p. 1-5, 2010.



EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. 5 ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2018.

FERNANDES, Milton Marques *et al.* Matéria orgânica e biomassa microbiana em plantios de eucalipto no Cerrado piauiense. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro - RJ, v. 19, n. 4, p. 453-459, jul. 2013.

FRAGA, Marcelo Elias *et al.* Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica. **Acta Botanica Brasilica**, Venezuela, v. 26, n. 4, p. 857-865, dez. 2012.

HENRIQUE, A. F. Avaliação de atributos químicos do solo nas regiões incendiadas de Aquidauana nos biomas Cerrado-Pantanal e conscientização da população local. **Anais Do Semex**, [S. l.], v. 4, n. 4, 2015.

HOFFMANN, Ricardo Bezerra *et al.* Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba - PR, v. 1, n. 1, p. 168-178, ago. 2018.

JESUS, Guilherme Luiz de *et al.* Doses e fontes de nitrogênio na produtividade do eucalipto e nas frações da matéria orgânica em solo da região do cerrado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 36, n. 1, p. 201-214, 2012.

LANDIM, Paulo M. Barbosa. Sobre Geoestatística e Mapas. **Terrae Didatica**, Campinas - SP, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2006.

LIMA, Augusto Miguel Nascimento *et al.* Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no vale do Rio Doce - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 32, n. 3, p. 1053-1063, 2008.

MONTANARI, R. *et al.* Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 34, n. 6, p. 1811-1822, 2010.

PREVIATI, Rosana *et al.* Isolamento e quantificação das populações de bactérias em geral e de Actinomicetos presentes no solo. **Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR**, Umuarama - PR, v. 15, n. 2, p. 155-160, jul./dez. 2012.

RAIJ, B. van. *et al.* Análise química do solo para fins de fertilidade. **Campinas: Fundação Cargill**, p. 170, 1987.

REICHERT, José Miguel *et al.* Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geoestatística e análise de regressão. **Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v. 38, n. 4, p. 981-988, jul. 2008.

SAFANELLI, José Lucas *et al.* Estabelecimento de zonas de manejo a partir da resposta espectral do solo relacionada ao teor de matéria orgânica. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 17, João Pessoa. Anais [...]. Recife: INPE, 2015.

SANTOS, Diléia Santana dos, *et al.* Retenção de sedimentos removidos de área de lavoura pela mata ciliar, em Goiatuba (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 35, n. 5, p. 1811-1818, 2011.

SANTOS, Larissa Carvalho *et al.* Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono, e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012.

SCHLOTZHAVER, S.D.; LITTELL, R.C. SAS: system for elementary statistical analysis. 2.ed. **Cory: SAS Institute**, p. 905, 1997.

SELBACH, P. A. **Optimization of a DNA extraction procedure for phylogenetic probe analysis of soil microbial communities**. Wisconsin, University of Wisconsin, 1998, 127p. (Tese de doutorado).

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika, Great Britain**, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965.

SHARMA, Sushil K. *et al.* Microbial community structure and diversity as indicators for evaluating soil quality. In: Lichtfouse E, editor. **Biodiversity, biofuels, agroforestry and conservation agriculture**. New York: Springer; p.317-358, 2010.

SILVA, Alexandre Marques da *et al.* Avaliação das propriedades químicas em solo de Cerrado sob reflorestamento ciliar. **Revista Floresta**, Curitiba - PR, v.42, n.1, p.49-58, 2012.

STIEVEN, Ana Carla *et al.* DNA total do solo: efeitos do armazenamento e conservação das amostras. **Scientia Amazonia**, Cuiabá - MT, v. 4, n. 2, p. 114-124, ago. 2015.

TATE III RL. **Soil Microbiology**. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons; 2000.

TODA, Franciele Ederli, *et al.* Biomassa microbiana e sua correlação com a fertilidade de solos em diferentes sistemas de cultivo. **Colloquium Agrariae**, Goiânia - Go, v. 6, n. 2, p. 01-07, dez. 2011.

TORMAN, Vanessa Bielefeldt Leotti, *et al.* Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA**. Porto Alegre - RS. Vol. 32 , no. 2, p. 227-234, 2012.

VERGUTZ, Leonardus *et al.* Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v. 34, n. 1, p. 43-57, 2010.

VIEIRA, S.R. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., eds. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Vol.1, p.3-87, 2000.

VOGEL, Huiquer Francisco, *et al.* Florestas Ripárias: importância e principais ameaças. **Sabios: Rev. Saúde e Bio.**, Campo Mourão - PR, v. 4, n. 1, p. 24-30, jun. 2009.

WITTER, E. Heavy metal concentrations in agricultural soils critical to microorganisms. **Swedish Environmental Protection Agency**, Report 4079, 1992.