

Relação entre a entomofauna edáfica e atributos físicos do solo através de análise multivariada e geoestatística

Relationship of edaphic entomofauna with soil physical attributes through multivariate analysis and geostatistics

Relación entre la entomofauna edáfica y los atributos físicos del suelo mediante análisis multivariante y geoestadística

Recebido: 03/09/2022 | Revisado: 22/09/2022 | Aceitado: 25/09/2022 | Publicado: 03/10/2022

Elaine da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6820-3937>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: elainesantos.agro14@gmail.com

José Augusto Amorim Silva do Sacramento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8839-2189>
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Brasil
E-mail: jose.sacramento@ufob.edu.br

Bruna Machado Pires

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0155-473X>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: brunamachadopires@gmail.com

Emerson Cristi de Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-7994>
Universidade Federal de Viçosa, Brasil
E-mail: emersoncristi@gmail.com

Hugo Jordan Martins Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7434-3378>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: hjmartins10@gmail.com

Júlio César Amaral Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4523-5156>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: julioamaral.stm@gmail.com

José Camilo Hurtado Guerrero

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9062-1860>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: jhocamhur@gmail.com

Eloi Gasparin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9127-694X>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: eloi.gasparin@ufopa.edu.br

Flávia Alves do Amaral

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2351-2645>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: flaviaamaral.ufopa@gmail.com

Igor Feijão Cardoso

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8247-7691>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: igorcardoso1499@gmail.com

Raul da Cunha Lima Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4966-9261>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: cunhalimant@gmail.com

João Thiago Rodrigues de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5761-4631>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: joao.trs@ufopa.edu.br

Edgard Siza Tribuzy

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6834-8535>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: edgard.tribuzy@ufopa.edu.br

Paulo Sérgio Taube Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5786-7615>
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
E-mail: pstjunior@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo objetivou avaliar a influência que os atributos físicos do solo podem exercer sobre a entomofauna edáfica, considerando uma área de Pousio e outra de Mata Nativa, coletando-se amostras de solo nas profundidades 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, totalizando 49 amostras por profundidade, totalizando 98 amostras por área, avaliando-se: densidade do solo (DS), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC), porosidade total (PT), umidade gravimétrica (UG) e volumétrica (UV) e resistência à penetração do solo (RPS), com coleta da entomofauna em cada ponto amostral. Coletou-se 3.098 insetos, apresentando maior número de indivíduos a família Formicidae e, maior número de famílias a ordem Coleóptera. Na Análise de Componentes Principais encontrou-se relação das famílias Staphylinidae, Cleridae, Scarabaeidae, Bostrichidae, Culicidae, Blattidae, Scolytidae e Termitidae à PT e UG na área de Mata Nativa. Na área de Pousio, Staphylinidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae e Blattidae apresentaram maior proximidade com UV, UG, MAC e PT. Na análise geoestatística os modelos de semivariogramas matern, esférico, gaussiano, exponencial e cúbico foram ajustados aos atributos de solo. Na fauna edáfica, ajustaram-se os modelos de covariogramas circular, exponencial, cúbico, esférico e gaussiano. Os resultados indicam a importância das características físicas do solo, que interferem no estabelecimento da entomofauna edáfica.

Palavras-chave: Qualidade do solo; Cobertura vegetal; Krigagem.

Abstract

This study aimed to evaluate the influence that soil physical attributes can exert on edaphic entomofauna, considering an area of Fallow and another of Native Forest, collecting soil samples at depths 0 - 20 cm and 20 - 40 cm, totaling 49 samples per depth, totaling 98 samples per area, evaluating: soil density (SD), macroporosity (MAC), microporosity (MIC), total porosity (PT), gravimetric (UG) and volumetric (UV) humidity and soil penetration resistance (RPS), with collection of entomofauna at each sampling point. A total of 3,098 insects were collected, with the Formicidae family having the largest number of individuals and the order Coleoptera the largest number of families. The Principal Component Analysis found a relationship between the families Staphylinidae, Cleridae, Scarabaeidae, Bostrichidae, Culicidae, Blattidae, Scolytidae and Termitidae to the PT and UG in the Native Forest area. In the Fallow area, Staphylinidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae and Blattidae showed greater proximity to UV, UG, MAC and PT. In the geoestatistical analysis the matern, spherical, Gaussian, exponential and cubic semivariogram models were fitted to the soil attributes. In the edaphic fauna, the circular, exponential, cubic, spherical and Gaussian covariogram models were fitted. The results indicate the importance of soil physical characteristics, which interfere in the establishment of edaphic entomofauna.

Keywords: Soil quality; Vegetation cover; Kriging.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia que los atributos físicos del suelo pueden ejercer sobre la entomofauna edáfica, considerando un área de Barbecho y otra de Bosque Nativo, recolectando muestras de suelo en las profundidades 0 - 20 cm y 20 - 40 cm, totalizando 49 muestras por profundidad, totalizando 98 muestras por área, evaluando: densidad del suelo (SD), macroporosidad (MAC), microporosidad (MIC), porosidad total (PT), humedad gravimétrica (UG) y volumétrica (UV) y resistencia a la penetración del suelo (RPS), con recogida de entomofauna en cada punto de muestreo. Se recogieron un total de 3.098 insectos, siendo la familia Formicidae la que mayor número de individuos tiene y el orden Coleóptera el que mayor número de familias presenta. El Análisis de Componentes Principales encontró una relación entre las familias Staphylinidae, Cleridae, Scarabaeidae, Bostrichidae, Culicidae, Blattidae, Scolytidae y Termitidae con PT y UG en el área del Bosque Nativo. En la zona de barbecho, Staphylinidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae y Blattidae mostraron mayor proximidad a UV, UG, MAC y PT. En el análisis geoestatístico se ajustaron a los atributos del suelo los modelos de semivariogramas materno, esférico, gaussiano, exponencial y cúbico. En la fauna edáfica, se ajustaron los modelos de covariograma circular, exponencial, cúbico, esférico y gaussiano. Los resultados indican la importancia de las características físicas del suelo, que interfieren en el establecimiento de la entomofauna edáfica.

Palabras clave: Calidad del solo; Cobertura vegetal; Krigagem.

1. Introdução

Discutir características relacionadas às propriedades do solo possui função primordial em relação ao estudo da qualidade ambiental, já que, diferentes tipos de solo, em diferentes regiões, possuem comportamentos diferentes, sendo considerado o recurso natural disponível que o homem mais utiliza, estando ao mesmo tempo, entre os materiais mais

complexos (Abdi, et al., 2018).

Áreas de vegetação nativa, quando transformadas em áreas com atividades antrópicas, provocam grandes alterações nos atributos físicos do solo, ocasionando integração colaborativa com a cobertura vegetal em ecossistemas naturais, resultado do processo essencial de ciclagem de nutrientes, acúmulo e decomposição de matéria orgânica e agregação do solo, fatores também influenciados pela presença da fauna edáfica (Freitas, et al., 2017).

Uma forma de entender como ocorre essa relação é utilizar a análise multivariada, que permite analisar diversas variáveis concomitante, e verificar se existem relações de dependência entre diferentes variáveis estudadas (Silva, et al., 2021), que pode ser utilizada juntamente com a geoestatística, que busca descrever a dependência espacial através do semivariograma (Seidel & Oliveira, 2014), possibilitando a caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo, através de amostragens que possibilitem a representação das variações existentes (Bottega, et al., 2013).

Levando em consideração esses fatores, este estudo objetivou analisar a influência que as características físicas do solo podem exercer sobre a entomofauna edáfica, considerando uma área de Pousio e outra de Mata Nativa, através de análise multivariada, com análise de componentes principais e geoestatística, construindo semivariogramas e mapas de interpolação por krigagem.

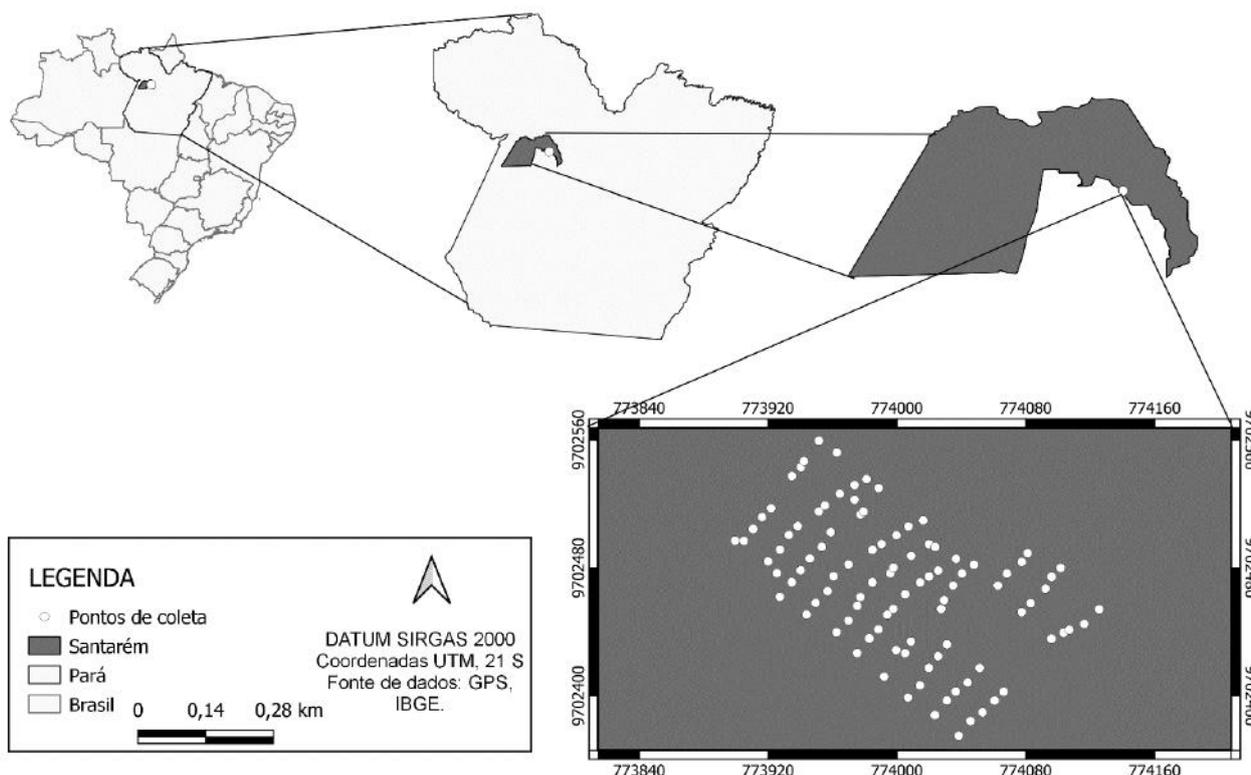
2. Metodologia

2.1 Condições experimentais

A presente pesquisa foi conduzida na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Oeste do Pará/UFOPA, situada no município de Santarém, Pará, à margem esquerda da Rodovia PA 370 – “Santarém/Curuá-Una”, no km 37. Apresenta coordenadas geográficas 2°41'18" S e 54°32'19" W. Os solos da região foram classificados sendo do tipo Gleissolo Melânico Tb Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico por Almada et al. (2021).

O estudo atual foi realizado considerando uma área de Mata Nativa e uma área de Pousio que já obteve cultivos agrícolas anteriormente, e encontra-se em processo de regeneração, conforme é possível observar na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo na Fazenda Experimental- UFOPA, na Rodovia Santarém – Curuá-Una, indicando o local dos pontos onde foram coletadas as amostras.



Fonte: Autores (2022).

2.2 Coleta de amostras de solo

Para análise física do solo foram montadas malhas amostrais na área de Mata Nativa e na área de Pousio nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, totalizando 49 amostras por 17 profundidade e um total de 98 amostras por área e 196 indeformadas e 196 amostras deformadas no total. Os atributos avaliados foram: Densidade do solo e de partículas do solo, macro e microporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica e volumétrica, seguindo metodologia de Teixeira et al. (2017) e resistência a penetração radicular, seguindo metodologia de Cherubin et al. (2011).

2.3 Coleta de amostras da entomofauna

Na coleta dos insetos, em cada ponto amostral da análise física do solo foram montadas armadilhas do tipo pitfall. A entomofauna do solo foi separada em morfoespécies para identificação. Após a coleta os insetos foram armazenados em recipiente plástico contendo álcool para conservação, sendo preservados em via úmida.

A identificação foi realizada a nível taxonômico de ordem e família no laboratório de microscopia da Universidade Federal do oeste do Pará, com o auxílio de microscópio estereoscópio e chave de identificação.

2.4 Análise estatística dos dados

Na determinação das categorias de dominância, utilizou a classificação de Friebe (1983) apud Santos et al. (2016). Conforme o resultado percentual obtido, as Ordens foram agrupadas em categorias, segundo Silveira Neto et al. (1976) apud Santos et al. (2016). O índice de dependência espacial foi calculado conforme Zimback (2001), apud Batista, Zimback, e Vettorato (2002).

A análise dos dados foi feita através da linguagem e ambiente R versão 4.1.0, sendo realizada a estatística descritiva, Análise Multivariada de Variância (MANOVA) e Análise de Componentes Principais. A modelagem dos semivariogramas experimentais foi realizada através de ajustes de diferentes modelos, considerando os parâmetros do semivariograma, o efeito pepita, o patamar e o alcance, significando a distância em que a dependência espacial existe e deve ser considerada (Lasmar, et al., 2012). Foram considerados o RMSE (erro quadrático médio da raiz), MAE (erro médio absoluto) e índice de WILLMOTT no processo de ajuste dos variogramas.

Nos atributos do solo foram testados os modelos de variogramas: esférico, exponencial, gaussiano, cúbico e matern em todas as características. Para análise da entomofauna foram testados os modelos de covariogramas: exponencial, gaussiano, cúbico, circular e esférico para todas as famílias, a fim de encontrar o modelo com os parâmetros mais adequados.

Na análise geoestatística dos atributos físicos do solo utilizou-se o pacote geoR, usando a função variog4 para calcular o variograma para quatro direções. A geoestatística dos dados da fauna edáfica foi realizada através do pacote geoRGLM, com a função covariog para construção dos covariogramas. Primeiramente foram criados os arquivos no formato shapefile no software Qgis, contendo os dados coletados em cada ponto de amostragem, conforme a coordenada geográfica, para então utilizar no programa estatístico R. Realizou-se a krigagem Ordinária para os dados dos atributos físicos do solo e as famílias da fauna edáfica foram submetidos a krigagem de Poisson.

3. Resultados e Discussão

Foram coletados 3.098 insetos, sendo que, 1.710 foram coletados na área de Mata Nativa e 1.388 na área de Pousio, distribuídos em 45 famílias. Foram analisadas as famílias que apresentaram a característica de subdominante, ou seja, a partir de 2% de presença nas áreas estudadas, com 12 famílias na área de Mata Nativa e 14 na área de Pousio. Houve destaque em ambas as áreas da família Formicidae, pertencente a ordem Hymenoptera conforme Santos et al. (2016) e Tacca et al. (2017), com 29% de abundância na área de Mata Nativa e 96% de constância, e 49% de abundância e 98% de constância na área de Pousio, considerada eudominante em ambas as áreas.

Ao analisar a abundância de indivíduos comparando a área que já obteve a presença de cultivo agrícola com a área de Mata Nativa, se torna evidente que a forma de manejar determinada área pode agir influenciando diretamente a comunidade biológica do solo, já que a modificação do ecossistema promove alterações na estrutura da comunidade edáfica, agindo conseqüentemente sobre a qualidade do solo (Silva, et al., 2022).

A ordem Coleóptera apresentou o maior número de famílias tanto na área de Pousio quanto na área de Mata Nativa, apresentando 7 famílias na área de Mata Nativa e 6 famílias na área de Pousio. Porém, apenas a família Curculionidae da ordem Coleóptera apresentou a característica de eudominante, resultado semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2019).

A família Scarabaeidae (Coleóptera) apresentou grande quantidade de indivíduos na área de Mata Nativa, enquanto na área de Pousio obteve quantidade significativamente reduzida, resultado semelhante ao obtido por Niero e Hernández (2017) estudando a família Scarabaeidae em diferentes paisagens. A presença das ordens Hymenoptera e Coleóptera em diferentes áreas estudadas também foi encontrada no trabalho de Ramos e Aguiar (2019).

Monteiro et al. (2021) também encontraram maior quantidade de indivíduos da ordem Coleóptera estudando sistema

de mata fechada, comparando com área de cultivo convencional de goiaba, destacando a eficácia da armadilha do tipo pitfall para a realização de coletas, que permite a observação da variabilidade dos organismos edáficos presentes.

Em relação à constância, as famílias Formicidae da ordem Hymenoptera, Curculionidae, Scarabaeidae e Platypodidae da ordem Coleóptera, e Gryllidae da ordem Orthoptera, foram consideradas constantes, resultado semelhante ao encontrado por Santos et al. (2016). A área de Mata Nativa apresentou índice de Shannon-Wiener (H') de 2,68 e a área de Pousio 2,31. O índice de Equitabilidade de Pielou da área de Mata Nativa foi de 0,72 e da área de Pousio de 0,61. A área de Mata obteve maior índice de biodiversidade, semelhante a Tacca et al. (2017) e Ludwig et al. (2012) e Ramos e Aguiar (2019), devido maior quantidade de resíduos orgânicos no solo.

Um fator que concorre para a maior diversidade e riqueza na área de Mata Nativa é a presença de maior estrutura da comunidade vegetal, contribuindo com maior complexidade ecológica da entomofauna edáfica (Lima, et al., 2017).

Os atributos físicos do solo apresentaram valores de média e mediana muito aproximados das variáveis analisadas tanto na área de Pousio quanto na área de Mata Nativa, o que pode indicar que os dados tendem a aproximar de uma distribuição normal, indicando simetria na distribuição dos dados (Oliveira et al., 2013), evidenciando uma distribuição simétrica e indicando pouca dominância de valores atípicos sobre os valores observados possibilitando a utilização da geoestatística (Campos, et al., 2013).

Na análise estatística observamos a média de presença da família Formicidae maior na área de Pousio do que na área de Mata Nativa, demonstrando que as formigas podem estar mais relacionadas a sistemas afetados por ações antrópicas (Lima, et al., 2017), (Santos, et al., 2016).

Na análise de variância multivariada (MANOVA) ambas as áreas se mostraram com resultado significativo a nível de 1% de probabilidade ($p < 0.001$) pelo teste de Pillai. Entre os atributos avaliados, na área de Mata, a macroporosidade e umidade volumétrica do solo se apresentaram como não significativo, e umidade volumétrica se mostrou significativo a nível de 5% de probabilidade ($p < 0.05$). Na área de Pousio, a umidade volumétrica e a umidade gravimétrica não tiveram significância e, a macroporosidade se apresentou com significância $p < 0.05$. Os demais se mostraram significativos a 1% de probabilidade.

Na análise de PCA os eixos indicaram a variabilidade da área de Mata Nativa em 21,21% no componente 1 (Figura 2a) e o componente 2 com 10,23%, totalizando 31,44%.

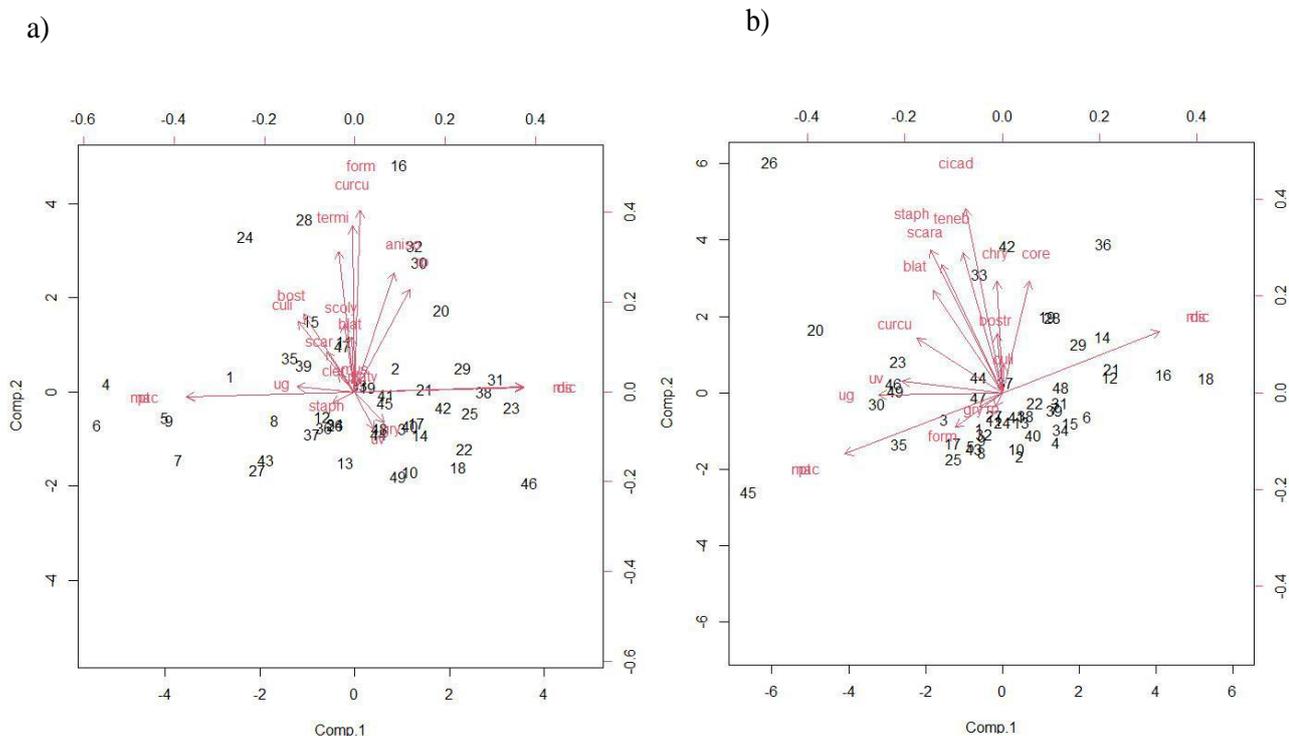
A família da ordem Coleóptera, Staphylinidae esteve associada à porosidade total do solo, em área de Mata Nativa, conforme Pompeo et al. (2016) juntamente com Cleridae, Scarabaeidae, Bostrichidae, Blattidae, Scolytidae e Termitidae, relacionadas também à UG. A família Culicidae pertencente a ordem Díptera também apresentou correlação com a macroporosidade, isso se dá, conforme Casaril et al. (2019) por ser um grupo que ocupa o solo, predominantemente, na sua fase larval, com grande importância em termos de abundância da fauna do solo em diversos ecossistemas, os autores sugerem que, esses indivíduos podem agir afetando positivamente a macroporosidade do solo nos locais em que habitam, ao executarem suas funções no solo.

Na área de Pousio o componente 1 reteve 27,99% da variação dos dados, enquanto o segundo componente obteve 13,94% de variabilidade, totalizando 41,93% (Figura 2b). As famílias representantes da ordem Coleóptera (Staphylinidae, Curculionidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae), Blattidae (Blattodea), Cicadellidae (Hemiptera) apresentaram maior proximidade com as características de solo umidade volumétrica e umidade gravimétrica, e também da macroporosidade e porosidade total que se encontram altamente relacionadas entre si. Formicidae (Hymenoptera) e Gryllidae (Orthoptera) também apresentaram proximidade com a macroporosidade e porosidade total do solo, semelhantes a Pereira et al. (2020).

A fauna do solo possui a capacidade de reagir de forma rápida à mudanças tanto de origem antrópica quanto de origem natural, se tornando assim um importante indicador biológico de qualidade, sendo influenciada pelo conteúdo de água,

preferindo locais com maior disponibilidade de nutrientes, que possuem, consequentemente maior cobertura do solo, com sombreamento e umidade do solo, se tornando um ambiente adequado ao seu estabelecimento (Lima, et al., 2019).

Figura 2 - Análise dos componentes principais comparando-se com a densidade entomológica, obtendo-se o gráfico biplot da área de Mata Nativa (a) e área de Pousio (b).



DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV = umidade volumétrica e RPS = resistência à penetração do solo. Aniso = Anisolabididae, Blat = Blattidae, Bostr = Bostrichidae, Chry = Chrysomelidae, Cicad = Cicadellidae, Cler = Cleridae, Core = Coreidae, Culi = Culicidae, Curcu = Curculionidae, Form = Formicidae, Gry = Gryllidae, Mus = Muscidae, Platy = Platypodidae, Scara = Scarabaeidae, Scoly = Scolytidae, Staph = Staphylinidae, Teneb = Tenebrionidae, Termi = Termitidae. Fonte: Autores (2022).

A família Scarabaeidae, representante da ordem Coleóptera, esteve associado em ambas as áreas às características de macroporosidade, porosidade total e umidade do solo, podendo ser causa de sua característica de promover a fragmentação e transporte de resíduos orgânicos e movimentá-los para diferentes locais contribuindo na melhoria e aeração do solo e no seu estado de agregação (Pompeo, et al., 2016), a cobertura vegetal proporciona ambiente favorável para o estabelecimento dos indivíduos desta ordem que, conforme a área presente estabilidade do sistema, ocorrerá aumento na frequência do grupo (Rosa, et al., 2015)

O fato da ordem Díptera estar presente em áreas agrícolas pode indicar o acúmulo de matéria orgânica no solo, resultado de haver cobertura do solo permanente (Rosa, et al., 2015).

Na área de Pousio observou-se as famílias Curculionidae, Scarabaeidae, Tenebrionidae (Coleóptera), Gryllidae (Orthoptera), Staphylinidae (Coleóptera), Formicidae (Hymenoptera) e Blattidae (Blattodea) mais associadas com as características de UV, UG, MAC e PT do solo, resultados semelhantes ao descrito por Vasconcellos et al. (2013).

Souza et al. (2016) também encontraram relação da macroporosidade do solo com alguns grupos da fauna.

É possível observar que na área de Pousio as famílias se encontram mais associadas às características de umidade e porosidade do solo. Esse resultado se dá pelas interações ocorridas entre a biologia e química do solo na área de Mata, devido

também a alta relação com a umidade, podendo ser considerados indicadores de qualidade desse solo, sofrendo influência de práticas antrópicas na área de Pousio, provocando redução de indivíduos nessa área (Oliveira Filho, et al., 2018), destacando que essas interações causam influência nas características físicas do solo.

Dos modelos de semivariogramas testados, o matern, o esférico, gaussiano e cúbico foram os que mais se ajustaram aos atributos de solo estudados na área de Mata Nativa (Tabela 1). A DS do solo possuiu ajuste nos modelos matern e cúbico na área de Mata Nativa, gaussiano e exponencial na área de Pousio, considerando as diferentes áreas e profundidades, sendo este resultado diferente do obtido por Martins et al. (2019) que encontrou esse atributo mais ajustado ao modelo esférico, estudando duas profundidades de solo.

A PT apresentou ajuste no modelo esférico na profundidade de 20-40cm, e, RPS apresentou ajuste no modelo esférico na profundidade de 0-20cm, semelhante ao encontrado por Mion et al. (2012) que encontrou ajuste da PT ao modelo esférico em profundidade de 0- 0,1m e 0,2 e 0,3m, e, de RP na profundidade de 0,1-0,2m e 0,2 e 0,3m, estudando área de Argissolo Amarelo.

Na área de Mata Nativa a PT apresentou ajuste ao modelo gaussiano na profundidade de 0-20cm e, esférico, na profundidade de 20-40cm, enquanto, na área de Pousio, a DS na profundidade de 0-20cm, apresentou ajuste ao modelo gaussiano, resultado semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2016).

Segundo Bottega et al. (2013) os valores do alcance podem influenciar na qualidade das estimativas, por determinar o número de valores usados na interpolação. A importância do alcance na análise geoestatística se dá por expressar a dependência espacial ou distância em que determinada variável pode apresentar o mesmo efeito, sendo assim, maior alcance refletirá em menor variabilidade (Oliveira, et al., 2013).

Na área de Pousio (Tabela 2), as características MAC, MIC, PT, RPS, UG apresentaram forte dependência espacial em ambas profundidades, resultado do baixo valor do efeito pepita e patamar de mesma grandeza (Junqueira Junior & Beloni, 2014) considerando que, o semivariograma explica melhor a variância dos dados quanto maior for o IDE (Guimarães et al., 2016).

A UV apresentou forte dependência na profundidade de 20-40 cm, enquanto, a DS apresentou forte dependência na profundidade de 0-20cm e moderada dependência na profundidade de 20-40 cm. Araújo et al. (2014) encontraram forte dependência espacial dos atributos densidade do solo, umidade do solo e macroporosidade em estudo realizado em áreas considerando diferentes manejos. A MAC na área de Mata Nativa não apresentou dependência espacial, resultado semelhante ao obtido por Guimarães et al. (2016), juntamente com a RPS.

Na área de Pousio (Tabela 2), vemos os modelos gaussiano, esférico, exponencial, cúbico e matern com os melhores ajustes. Estudando um solo classificado como Latossolo Vermelho eutrófico, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, Tavares et al. (2017) obteve ajuste do modelo gaussiano para DS em área de cultivo de cana crua, semelhante ao que obtivemos na área de Pousio. A Ds apresentou ajustes no modelo gaussiano e exponencial na área de Pousio, a UV com ajustes no modelo gaussiano em ambas profundidades e a UG na profundidade de 20-40cm na área de Pousio e na profundidade de 0-20cm na área de Mata Nativa, resultado semelhante ao encontrado por Oliveira et al. (2017).

Junqueira Junior e Beloni (2014) encontraram ajuste do modelo exponencial para a característica DS, porém com IDE de 100%, sendo que neste trabalho encontramos o ajuste do modelo exponencial na área de Pousio para DS com ajuste de IDE de 46%, classificado como moderado, o ajuste de 100% foi obtido pelo modelo gaussiano na profundidade de 0-20cm.

Tanto a área de Mata Nativa quanto a área de Pousio apresentaram valores baixos de RMSE e MAE, indicando melhor desempenho de estimativa do modelo de semivariograma escolhido (Uniyal, et al., 2021). Em relação ao índice de concordância de Willmott, foram observados altos valores tanto nos atributos estudados na área de Mata Nativa quanto na área de Pousio, indicando boa concordância dos valores obtidos (Santana, et al., 2015).

Tabela 1 - Características referentes à área de Mata Nativa coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (C_0 = efeito pepita; C_0+C_1 =patamar; A=alcance e IDE= índice de dependência espacial).

Mata 0-20cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Matern	0,004	0,0071	7,95	43
MAC	Matern	0,00076	0,0016	8	52
MIC	Matern	0,000015	0,000031	10	51
PT	Gaussiano	0,0005	0,0012	8	58
RPS	Esférico	0,0063	0,08	7,18	92
UG	Gaussiano	0	0,0017	7,98	100
UV	Cubico	0	0,17	16,63	100
Mata 20-40cm					
Variável	Modelo	C_0	C_0+C_1	A (m)	IDE (%)
DS	Cúbico	0	0,0049	10	100
MAC	Matern	0,00062	0,00061	15	-
MIC	Esférico	0,000000062	0,000005	12	98
PT	Esférico	0,00000092	0,00073	12	99
RPS	Matern	0,285	0	14,99	-
UG	Matern	0,000049	0,0016	10	96
UV	Cúbico	0	0,0017	15,03	100

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo. Fonte: Autores (2022).

Tabela 2 - Características referentes à área de Pousio coletadas na profundidade de 0-20cm e 20-40cm. (C₀= efeito pepita; C₀+C₁=patamar; A=alcance; IDE= índice de dependência espacial).

Pousio 0-20cm					
Variável	Modelo	C₀	C₀+C₁	A(m)	IDE (%)
DS	Gaussiano	0	0,0048	7,39	100
MAC	Gaussiano	0	0,001	9	100
MIC	Esférico	0,00000007	0,00003	8	99
PT	Exponencial	0,00009	0,0016	8	94
RPS	Cúbico	0,00087	0,054	10	98
UG	Cúbico	0	0,047	20,23	100
UV	Gaussiano	0,00068	0,0016	15	57
Pousio 20-40cm					
Variável	Modelo	C₀	C₀+C₁	A(m)	IDE (%)
DS	Exponencial	0,0008	0,0015	15	46
MAC	Matern	0,000083	0,00041	10	79
MIC	Matern	0,0000001	0,000004	15	97
PT	Matern	0,000001	0,0003	7	99
RPS	Matern	0,025	0,22	24,99	88
UG	Gaussiano	0,00000077	0,000046	15	98
UV	Gaussiano	0,0000007	0,0001	15	99

DS = densidade do solo, MAC = macroporosidade, MIC = microporosidade, PT = porosidade total, UG = umidade gravimétrica, UV= umidade volumétrica e RPS= resistência à penetração do solo. Fonte: Autores (2022).

Em relação aos dados da fauna edáfica (Tabela 3), foram ajustados covariogramas, sendo que obtiveram melhores ajustes os modelos circular, exponencial, cúbico, esférico e gaussiano. Riffel et al. (2012) e Grego et al. (2006) estudando uma espécie pertencente à família Noctuidae (Lepidoptera), encontraram melhor ajuste ao modelo esférico, mesmo resultado obtido por Dinardo – Miranda et al. (2007) estudando Cercopidae (Hemiptera), e Dal Prá et al. (2011) em estudo com Melolonthidae (Coleoptera), já, Dinardo – Miranda et al. (2011) encontrou ajuste ao modelo esférico e exponencial para Crambidae (Lepidoptera), e Pazini et al. (2015) encontrou o modelo gaussiano com o melhor ajuste na maioria dos dados amostrados de uma espécie da família de Pentatomidae (Hemiptera). Os maiores alcances foram obtidos pelas famílias Bostrichidae e Culicidae, na área de Mata Nativa e, na área de Pousio, foram as famílias Cicadellidae e Curculionidae que obtiveram os maiores valores.

A dependência espacial das famílias está descrita na Tabela 3. A presença de moderada ou até mesmo baixa dependência espacial pode ser sido influenciada pelo alto valor obtido de efeito pepita (Lasmar, et al., 2012). O alcance ajuda a explicar a distância em que ocorre dependência espacial entre as amostras, sendo assim, podemos analisar o fato de não ocorrer dependência espacial para algumas famílias, entre elas a Formicidae, indicando a necessidade de mais pontos de amostragens em distâncias mais aproximadas (Dinardo – Miranda, et al., 2007).

Tabela 3 - Características das famílias de insetos coletadas na área de Mata Nativa e de Pousio. (C₀= efeito pepita; C₀+C₁=patamar; A= alcance e IDE= índice de dependência espacial).

Insetos área de Mata Nativa						
Ordem	Família	Modelo	C ₀	C ₀ +C ₁	A (m)	IDE (%)
Blattodea	Blat	Exponencial	0	0,8244	10,78	100
	Bost	Exponencial	0,2833	0,2786	82,22	-
	Cler	Exponencial	0,2726	0,5719	44,57	52
	Curcu	Exponencial	20,488	0,2421	16,77	-
Coleóptera	Platy	Cúbico	0	0,7347	16,78	100
	Scar	Esferico	0	0,7132	22,62	100
	Scoly	Cúbico	0	0,8302	22,38	100
	Staph	Exponencial	0	0,8016	10,04	100
Dermaptera	Aniso	Circular	0,1536	0,692	18,75	77
Diptera	Culi	Exponencial	0,0837	12,449	80	100
	Mus	Cúbico	0	0,9634	20,92	100
Hymenoptera	Form	Exponencial	11,783	0,2539	44,74	-
Isoptera	Termi	Gaussiano	0	0,5501	7,71	100
Orthoptera	Gry	Circular	0	0,3681	8,63	100
Insetos área de Pousio						
Ordem	Família	Modelo	C ₀	C ₀ +C ₁	A (m)	IDE (%)
Blattodea	Blat	Cúbico	0,4173	0,4148	30,64	-
	Bostr	Gaussiano	0	0,6494	15,06	100
	Chry	Cúbico	0	0,4921	34,4	100
	Curcu	Exponencial	0,3932	0,7641	154,02	48
	Scara	Circular	0	0,565	22,27	100
	Staph	Cúbico	0	0,4578	14,65	100
	Teneb	Exponencial	0,107	0,7724	11,96	86
Diptera	Culi	Cúbico	0	0,5381	31,99	100
Hemiptera	Cicad	Exponencial	0,6788	0,2368	52,88	-
	Core	Exponencial	0	0,2086	6,22	100
Hymenoptera	Form	Exponencial	25,212	0,1198	22,02	-
Orthoptera	Gry	Exponencial	40,468	0,0332	52,52	-

Aniso= Anisolabididae, Blat= Blattidae, Bostr= Bostrichidae, Chry=Chrysomelidae, Cicad= Cicadellidae, Cler=Cleridae, Core= Coreidae, Culi= Culicidae, Curcu= Curculionidae, Form= Formicidae, Gry= Gryllidae, Mus= Muscidae, Platy= Platypodidae, Scara= Scarabaeidae, Scoly= Scolytidae, Staph= Staphylidae, Teneb= Tenebrionidae, Termi= Termitidae. Fonte: Autores (2022).

O aumento da densidade amostral, possibilita maior detalhamento na distribuição dos indivíduos, gerando mapas de interpolação mais acurados (Riffel, et al., 2012). O bom ajuste do variograma possibilita estimar os valores em locais não amostrados através da ferramenta de krigagem (Silva, et al., 2014).

A família Formicidae (Hymenoptera), que se destacou com o números de indivíduos capturados, apresentou ajuste ao

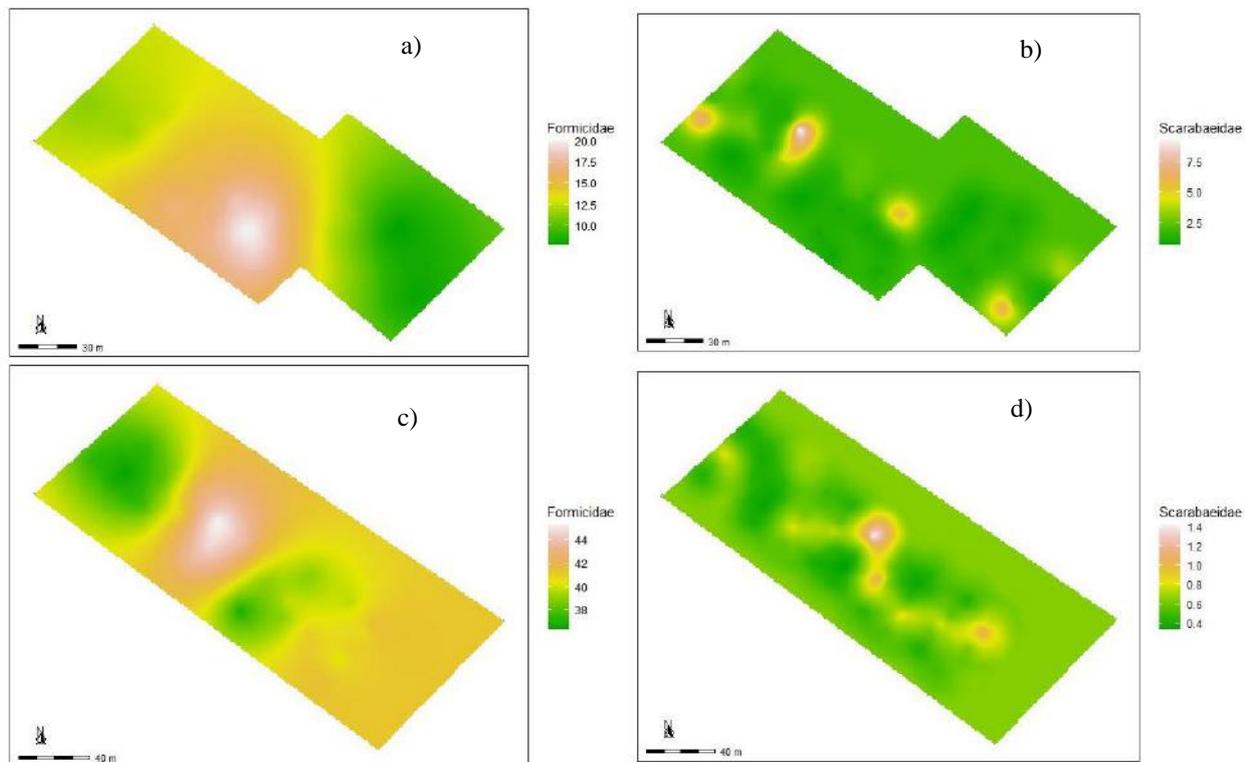
modelo exponencial, semelhante ao resultado obtido por Lasmar et al. (2012), que encontrou ajuste a esse modelo estudando o número e tamanho de ninhos de formigas cortadeiras do gênero *Atta*. A família Curculionidae (Coleóptera) se ajustou melhor ao modelo exponencial, diferente do resultado encontrado por Dionisio et al. (2015), que encontrou ajuste de indivíduo dessa família no modelo esférico, observando a distribuição dos insetos na área de forma aleatória, os autores encontraram alcance de 78 a 199 m, diferente do encontrado no presente trabalho, que foi de 16,77m na área de Mata Nativa e 154,02m na área de Pousio.

A presença de comunidades de formigas, observado na Figura 3, juntamente com as famílias que se encontraram mais associados com as características do solo, nas áreas, se torna fundamental para a realização de estudos de impacto ambiental, pois elas agem na manutenção e restauração da qualidade do solo, os insetos da ordem Díptera são fundamentais por exercerem função biológica no processo de decomposição da matéria orgânica, principalmente em área de Mata, já que atuam sobre frutos fermentados e carcaças de animais silvestres, a família Blattidae também possui importância sobre a decomposição de resíduos orgânicos (Azevedo, et al., 2011).

A presença das ordens Coleóptera e Díptera em área que já ocorreu cultivo, pode afirmar que, há diferentes escalas em que a fauna é distribuída no solo, considerando diversos fatores, como a matéria orgânica, cobertura vegetal, altura da vegetação, sendo que essa distribuição espacial não pode ser generalizada para habitats mais ou menos alterados, devido a sensibilidade dos indivíduos, sugerindo-se a utilização de determinados grupos para identificar a qualidade desse solo (Rueda-Ramirez & Varela, 2016). Considerando a malha amostral utilizada, em caso de manejo, é possível que este seja realizado de maneira mais pontual na área desejada, conhecendo-se a região com maior incidência da família (Riffel, et al., 2012).

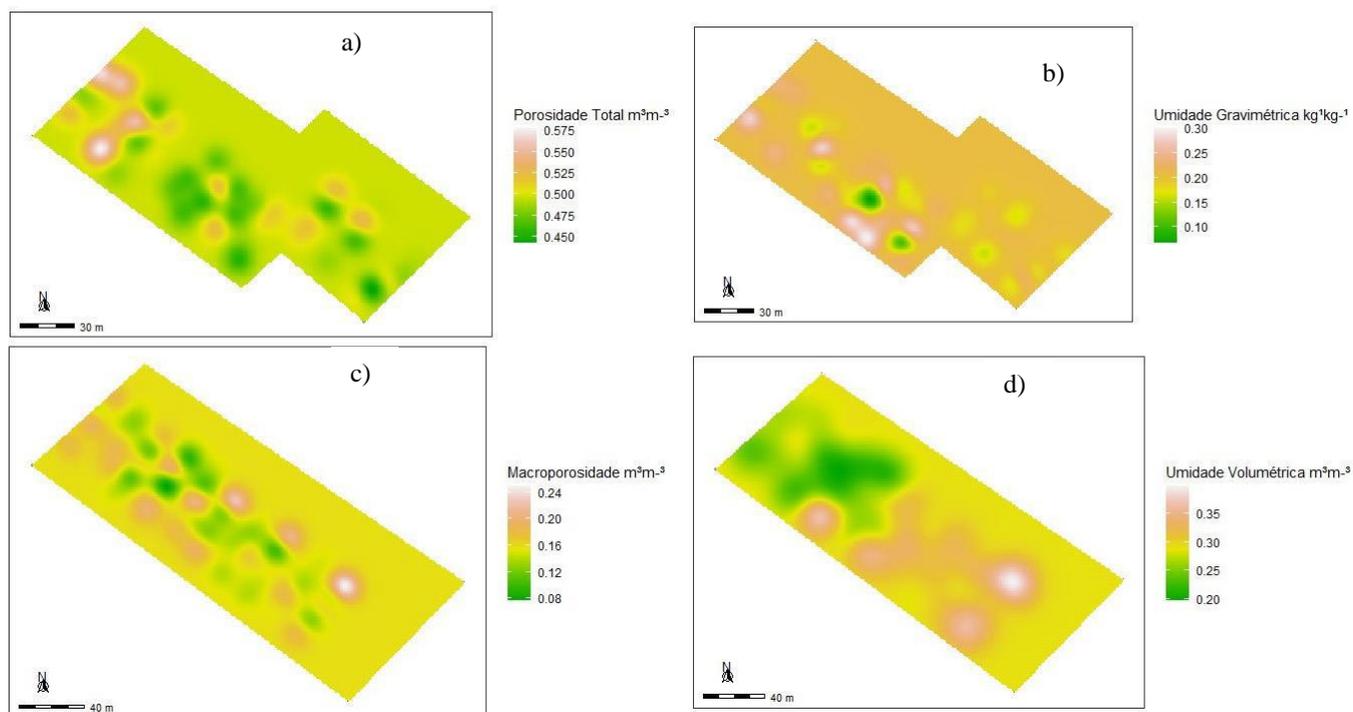
Os atributos físicos do solo das áreas de Mata Nativa e Pousio que se relacionaram com a entomofauna edáfica podem ser observados na Figura 4. Foram consideradas para análise, em relação aos organismos do solo, as características físicas na profundidade de 0-20 cm, pois, segundo Primavesi (2002) os animais do solo, em regiões tropicais, costumam habitar nesta profundidade.

Figura 3 - Mapas de interpolação de krigagem da família Formicidae (a) e Scarabaeidae (b) da área de Mata Nativa e, da família Formicidae (c) e Scarabaeidae (d) da área de Pousio.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 - Mapas de interpolação por krigagem dos atributos físicos do solo Porosidade Total (a) e Umidade Gravimétrica (b) da área de Mata Nativa e, Macroporosidade (c) e Umidade Volumétrica (d) da área de Pousio.



Fonte: Autores (2022).

4. Considerações Finais

Foi coletado um maior número de indivíduos da entomofauna na área de Mata Nativa do que na área de Pousio. Houve destaque no número de coletas de insetos da família Formicidae, porém, o maior número de famílias encontradas pertencem a ordem Coleóptera, que, na análise multivariada, apresentou associação de grande parte das famílias encontradas à PT e UG na área de Mata Nativa, e, na área de Pousio às características UV, UG, MAC e PT. Constatando a influência dessas características sobre a fauna edáfica.

A análise geoestatística corroborou os resultados encontrados na análise multivariada, com ajuste dos variogramas e geração de mapas com acurácia dos dados. Os resultados evidenciam a importância da cobertura vegetal sobre as características físicas do solo, interferindo no estabelecimento da entomofauna edáfica.

Agradecimentos

Ao Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão – PEEEx e à Universidade Federal do Oeste do Pará pelo apoio financeiro na execução dos trabalhos.

Referências

- Abdi, E., Babapour, S., Majnounian, B., Amiri, G., & Deljouei, A. (2018). How does organic matter affect the physical and mechanical properties of forest soil? *Journal of Forestry Research*, 29(3), 657 – 662.
- Almada, A., Pinheiro Junior, C., Pereira, M., Reis, I., Sousa, M., Pinto, L., & Santos, O. (2021). Characterization and classification of soils from an Amazonic Biome in western Pará. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 16(1), e8458. 10.5039/agraria.v16i1a8458.
- Araújo, D., Mion, R., Sombra, W., Andrade, R., & Amorim, M. (2014). Variabilidade espacial de atributos físicos em solo submetido a diferentes tipos de uso e manejo. *Revista Caatinga*, 27(2), 101 – 115.
- Azevedo, F., Moura, M., Arrais, M., & Nere, D. (2011). Composição da entomofauna da Floresta Nacional do Araripe em diferentes vegetações e estações do ano. *Revista Ceres*, 58(6), 740-748. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2011000600010>.
- Batista, I., Zimback, C., & Vettorato, J. (2002). Variabilidade espacial da umidade do solo em irrigação por gotejamento sob cultivo protegido. *Irriga Botucatu*, 7(3).
- Bottega, E., Queiroz, D., Pinto, F., & Souza, C. (2013). Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1), 1-9. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100001>.
- Campos, M., Soares, M., Santos, L., Oliveira, I., Aquino, R., & Bergamin, A. (2013). Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. *Comunicata Scientiae*, 4(2), 168-178.
- Casari, C., Oliveira Filho, L., Santos, J., & Rosa, M. (2019). Fauna edáfica em sistemas de produção de banana no Sul de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(1), e5613. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5613>.
- Cherubin, M., Santi, A., Basso, C., Eitelwein, M., & Vian, A. (2011). Variabilidade da resistência a penetração do solo em função da dimensão da malha amostral. - *Revista Plantio Direto*.
- Dal Prá, E., Guedes, J., Cherman, M., Jung, A., Silva, S., & Ribas, G. (2011). Uso da geoestatística para caracterização da distribuição espacial de larvas de *Diloboderus abderus*. *Ciência Rural*, 41(10). <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001000002>.
- Dinardo – Miranda, L., Fracasso, J., & Percin, D. (2011). Variabilidade espacial de populações de *Diatraea saccharalis* em canaviais e sugestão de método de amostragem. *Bragantia*, 70(3), 577-585. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011005000008>.
- Dinardo – Miranda, L., Vasconcelos, A., Vieira, S., Fracasso, J., & Grego, C. (2007). Uso da geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. *Bragantia*, 66(3), 449-455. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300011>.
- Dionísio, L., Lima, A., Morais, E., Correia, R., Santos, A., & Ximenes, C. (2015). Distribuição espacial de *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) em plantio de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq) em Roraima. *Revista Agro@mbiente On-line*, 9(3), 327-336. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i3.2517>.
- Freitas, L., Oliveira, I., Silva, L., Frare, J., Filla, V., & Gomes, R. (2017). Indicadores da Qualidade Química e Física do Solo sob Diferentes Sistemas de Manejo. *Unimar Ciências*, 26, (1-2), 08-25.
- Guimarães, W., Junior, J., Marques, E., Santos, N., & Fernandes, R. (2016). Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. *Revista Ciência Agronômica*, 47(2), 247-255. 10.5935/1806-6690.20160029.
- Grego, C., Vieira, S., & Lourenção, A. (2006). Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* franclemont in triticale under no-till management. *Scientia Agricola*, 63(4), 321-327. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000400002>.
- Guimarães, E., Silva, V., Padinha, L., Tavares, D., Silva, L., Fayal, J., Gonçalves, S., & Cruz, V. (2019). Diversidade de Artrópodes da Fauna Edáfica em Agroecossistema de Mandioca no Município de Cametá, Pará. *Agroecossistemas*, 11(2), 66 – 72. <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v11i2.7387>.
- Junqueira Junior, J., & Beloni, A. (2014). Continuidade espacial de atributos físicos do solo em Sub- bacia hidrográfica de Cabeceira. *Profiscientia*, 9.
- Lasmar, O., Zanetti, R., Dos Santos, A., & Fernandes, B. (2012). Use of Geostatistics to Determine the Spatial Distribution and Infestation Rate of Leaf-Cutting Ant Nests (Hymenoptera: Formicidae) in Eucalyptus Plantations. *Neotropica Entomologica*, 41, 324–332. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0040-1>.
- Lima, K., Camara, R., Chaer, G., Pereira, M., & Resende, A. (2017). Soil Fauna As Bioindicator Of Recovery Of Degraded Areas In The Caatinga Biome. *Revista Caatinga*, 30(2), 401 – 411. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n215rc>.
- Lima, S., Benazzi, E., Oliveira, N., Leite, L. (2019). Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. *Revista Agrarian*, 12(45), 328 – 337. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i45.8975>.
- Ludwig, R., Pizzani, R., Schaefer, P., Goulart, R., & Lovato, T. (2012). Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. *Centro Científico Conhecer*, 8(14).
- Martins, E., Souza, R., Fraga, V., Magalhães, A., & Medeiros, S. (2019). Efeitos da variabilidade espacial da densidade do solo e fração grosseira na estimativa dos estoques de nutrientes em solo degradado. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 29434-29449. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-099>.
- Mion, R., Nascimento, E., Sales, F., Silva, S., Duarte, J., Sousa, B. (2012). Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(6), 2057-2066. 10.5433/1679-0359.2012v33n6p2057.

- Monteiro, E., Ferreira, R., Lima, C., Silva, N., Araújo, M., Silva, C., & Barros, R. (2021). Análise da frequência de animais da macrofauna, em áreas de mata de preservação e cultivo de goiaba (*Psidium guajava* L.) utilizando a armadilha Pitfall. *Revista Ambientale*, 13(2), 1–11. <https://doi.org/10.48180/ambientale.v13i2.285>.
- Niero, M., & Hernández, M. (2017). Influência da paisagem nas assembleias de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. *Revista Biotemas*, 30 (3). <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2017v30n3p37>.
- Oliveira Filho, L., Schneider, L., Teles, J., Werter, S., & Santos, J. (2018). Fauna Edáfica Em Áreas Com Diferentes Manejos e Tempos De Descarte De Resíduos Animais. *Scientia Agraria*, 19(1), 113-123. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v19i1.54466>.
- Oliveira, D., Reis, E., Medeiros, J., Couto, R., Holtz, V., & Madari, B. (2017). Correlação espacial e linear de atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária. *Ciência Agrícola*, 15(1), 69-77.
- Oliveira, I., Campos, M., Soares, M., Aquino, R., Marques Júnior, J., & Nascimento, E. (2013). Variabilidade Espacial de Atributos Físicos em um Cambissolo Háptico, sob Diferentes Usos na Região Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37, 1103-1112. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400027>.
- Pazini, J., Botta, R., Seidel, E., Silva, F., Martins, J., Barrigossi, J., & Rubenich, R. (2015). Geoestatística aplicada ao estudo da distribuição espacial de *Tibraca limbativentris* em arrozal irrigado por inundação. *Ciência Rural*, 45(6), 1006-1012. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140841>.
- Pereira, J., Baretta, D., Oliveira Filho, L., Baretta, C., & Cardoso, E. (2020). Fauna edáfica e suas relações com atributos químicos, físicos e microbiológicos em Floresta de Araucária. *Ciência Florestal*, 30(1), 242-257. <https://doi.org/10.5902/1980509831377>.
- Pompeo, P., Oliveira Filho, L., Klauber Filho, O., Mafra, A., Baretta, C., & Baretta, D. (2016). Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. *Scientia Agraria*, 17(1), 16-28.
- Primavesi, A. (2002). *Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais*. Nobel.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramos, A., & Aguiar, M. (2019). Fauna edáfica em diferentes manejos agrícolas na região do maciço de Baturité, Ceará. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*. 10.14583/2318-7670.
- Riffell, C., Garcia, M., Santi, A., Basso, C., Floral, L., Cherubin, M., & Eitelwein, M. (2012). Densidade amostral aplicada ao monitoramento georreferenciado de lagartas desfolhadoras na cultura da soja. *Ciência Rural*, 42(12). <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000116>.
- Rosa, M., Klauber Filho, O., Bartz, M., Mafra, A., Sousa, J., & Baretta, D. (2015). Macrofauna Edáfica e Atributos Físicos e Químicos em Sistemas de Uso do Solo no Planalto Catarinense. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 39, 1544-1553. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150033>.
- Rueda-Ramírez, D., & Varela A. (2016). Distribución espacial, composición y densidad de edafofauna en hojarasca de bosque y cafetal (Montenegro, Colombia). *Acta biológica*, 21(2), 399-412. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n2.43814>.
- Santana, H., Sano, E., Oliveira Júnior, M., Lacerda, M., & Malaquias, J. (2015). Relação entre Atributos Físicos e Químicos dos Solos e a Produtividade de Capim dourado na Região do Jalapão, TO. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 39, 1172-1180. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140364>.
- Santos, R., Silva, D., Pereira, A., & Oliveira, L. (2016). Levantamento da Entomofauna Edáfica Associada à Mata Ripária e Sistema Agroflorestal, em Rio Branco, AC. *Agrotropica*, 28(3), 277 - 284. 10.21757/0103-3816.2016v28n3p277-284.
- Seidel, E., & Oliveira, M. (2014). Novo Índice Geoestatístico para a Mensuração da Dependência Espacial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 699-705. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300002>.
- Silva, A., Barbosa, A., Zimback, C., Lima, J., & Landim, P. (2014). Análise multivariada na diferenciação entre manejos do solo cultivado com café. *Energia na Agricultura*, 29(1), 57-63. <https://doi.org/10.17224/EnergiaAgric.2014v29n1p57-63>.
- Silva, C., Silva, F., & Pereira, M. (2021). Análise multivariada e geoestatística no estudo da distribuição espacial de atributos do solo e da vegetação. 10.37885/201202646.
- Silva, S., Souza, T., Lucena, E., Laurindo, L., & Santos, D. (2022). Influência de sistemas de cultivo sobre a comunidade da fauna edáfica no nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, 32(2), 829 – 855. <https://doi.org/10.5902/1980509855320>.
- Souza, S., Cassol, P., Baretta, D., Bartz, M., Klauber Filho, O., Mafra, A., & Rosa, M. (2016). Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Native Forest, Eucalyptus Plantations, Perennial Pasture, Integrated Crop-Livestock, and No-Tillage Cropping. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40:e0150248. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150248>.
- Tacca, D., Klein, C., & Preuss, J. (2017). Antropodofauna do solo em um bosque de eucalipto e um remanescente de mata nativa no sul do Brasil. *Revista Thema*, 14(2). <https://doi.org/10.15536/thema.14.2017.249-261.456>.
- Tavares, R., Campos, M., Souza, Z., & La Scala, N. (2017). Análise geoestatística da emissão de co2 e macroporosidade de um Latossolo Vermelho eutroférico sob cana-de-açúcar. *Energia na Agricultura*, 32(4), 349-355. <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n4p349-355>.
- Teixeira, P., Donagemma, G., Fontana, A., & Teixeira, W. (2017). *Manual de métodos de análise do solo*. Embrapa.
- Uniyal, S., Purohit, S., Chaurasia, K., Srinivas Rao, S., & Amminedu, E. (2021). Quantification of carbon sequestration by urban forest using Landsat 8 OLI and machine learning algorithms in Jodhpur, India. *Urban Forestry & Urban Greening*. 67, 127445. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127445>.
- Vasconcellos, R., Segat, J., Bonfim, J., Baretta, D., & Cardoso, E. (2013). Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *European Journal of Soil Biology*. 58, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.07.001>.