

ATRIBUTOS FÍSICOS, MATÉRIA ORGÂNICA E MACROFAUNA EDÁFICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DO SOLO

João Pedro Corrêa Britto Sebastião¹, Livia Massaro Frezarin Barboza², Antonio José Radi³,
Alexandre Moraes Cardoso³.

¹IFSP - Barretos. joao.sebastiao@aluno.ifsp.edu.br

²IFSP – Barretos. Estudante Agronomia

³IFSP – Barretos. Docentes de Agronomia

Palavras-chave: Estrutura Física, Qualidade do Solo, Bioindicadores, Ecologia do solo

Introdução

A degradação do solo tem se consolidado como um dos principais desafios ambientais globais, impactando a produtividade agrícola e a sustentabilidade dos sistemas de produção (Panagos *et al.*, 2018). No Brasil, fatores como erosão hídrica, lixiviação de nutrientes e manejo inadequado contribuem significativamente para a perda de fertilidade natural do solo (Nascimento *et al.*, 2021).

A matéria orgânica do solo (MOS) desempenha papel central na manutenção da estrutura do solo, promovendo agregação, porosidade e retenção de água e nutrientes, enquanto a fauna edáfica, composta por organismos como minhocas, formigas, cupins e besouros, atua como bioindicadora da qualidade do solo (Lavelle *et al.*, 1993; Mamabolo *et al.*, 2024).

Objetivos

Avaliar a composição e a distribuição da macrofauna edáfica e sua correlação com atributos físicos e matéria orgânica em diferentes sistemas de uso do solo.

Avaliar a abundância, riqueza e diversidade da macrofauna edáfica em diferentes ambientes de uso do solo.

Correlacionar índices de riqueza, abundância e diversidade da macrofauna edáfica com atributos físicos e com a matéria orgânica do solo.

Investigar a interação entre aspectos bióticos e abióticos do solo sob diferentes sistemas de uso.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em cinco áreas com diferentes sistemas de uso do solo, localizadas no Instituto Federal de São Paulo – Campus Barretos. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LV21), de textura

média e baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018). Todas as áreas, com exceção da Mata, passaram por calagem em 2023, com a aplicação de 3 t ha⁻¹ de calcário magnesiano.

As áreas avaliadas foram: FRUT1, ocupada com a cultura da acerola desde 2015, sem receber adubação há vários anos, sendo o controle de plantas invasoras realizado por manejo químico (herbicidas) e mecânico (roçagem); FRUT2, ocupada com a cultura da banana desde 2015, com adubações químicas semestrais e controle de invasoras por métodos químicos e mecânicos; FRUT3, cultivada com goiabeira desde 2015, também com adubações químicas semestrais e controle de invasoras semelhante às anteriores; FORR, ocupada com gramínea forrageira (*Urochloa brizantha*) desde 2015, sem a presença de ruminantes e sem adubação nos últimos anos, sendo o manejo realizado por roçagem; e MATA, composta por floresta estacional semidecidual, secundária, com trânsito de pessoas na área.

Foram determinados cinco pontos amostrais em cada área, totalizando 25 pontos, dispostos em transectos. Esses pontos foram georreferenciados por meio do software Google Earth Pro e transferidos para GPS, o que possibilitou precisão e consistência na coleta dos dados em campo. As armadilhas *pitfall* consistiram em copos plásticos de 700 ml contendo 300 ml de solução de água com detergente neutro a 1%, instalados no solo até que sua borda coincidissem com o nível do solo, onde permaneceram por cinco dias, destinados à captura de organismos móveis.

A amostragem em monólitos foi realizada para capturar organismos menos móveis e de camadas mais profundas, com dimensões de 0,10 m de largura × 0,20 m de comprimento × 0,25 m de profundidade, padronizadas para o Diagnóstico rápido do Solo (DRES), permitindo posterior cálculo do Índice de Qualidade Estrutural do Solo (IQES), conforme Ralisch *et al.* (2017). A coleta para a análise da estrutura

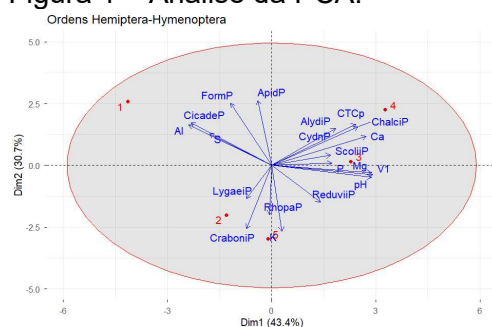
física do solo foi realizada ao lado das armadilhas do tipo *pitfall*, foram utilizados pá, enxadão, canivete e trena, e o material foi depositado em bandejas para transporte ao laboratório de Entomologia, onde foram peneirados e armazenados em álcool 70% até a identificação. A classificação taxonômica dos animais coletados foi realizada com lupa estereoscópica utilizando chaves apropriadas, identificando insetos até ordem e família, de acordo com Fujihara *et al.*, 2011.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições, as análises realizadas no software R (R Core Team, 2025), incluíram índices de diversidade (Riqueza, Abundância, Shannon-Wiener e Pielou).

Resultados e Discussão

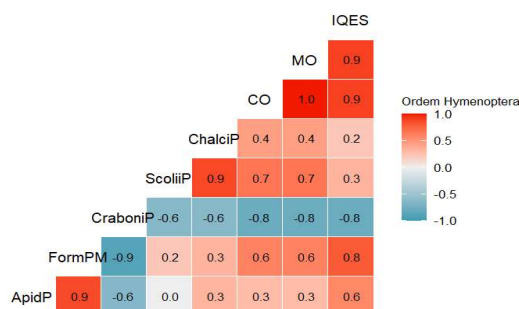
Para avaliar a interação entre os atributos bióticos e abióticos do solo nos diferentes sistemas de uso, realizou-se a Análise de Componentes Principais (Figura 1 – Análise da PCA), que é uma técnica multivariada utilizada para simplificar um grande conjunto de dados e visualizar a correlação entre as variáveis e a distribuição das áreas amostrais.

Figura 1 – Análise da PCA.



Fonte: Autor

Figura 2 – Matriz de Correlação Hymenoptera.



Fonte: Autor

A análise integrada (Figura 1 e 2) da ordem Hymenoptera, especificamente a família Formicidae foi frequente em todas as áreas deste estudo, apresentou 497 indivíduos dos 523 indivíduos totais dessa ordem. Esta abundância reflete a presença significativa dessas espécies nos diferentes ambientes (Rosa *et al.*, 2015).

Segundo Allaby (1992), as formigas são amplamente reconhecidas como bioindicadoras de qualidade ambiental, uma vez que apresentam elevada sensibilidade e notável capacidade de adaptação às variações do ecossistema, essa característica também é destacada por Whei Zou *et al.* (2023), ao observarem que essas espécies exercem influência direta sobre o solo, pois constroem ninhos e escavam túneis que modificam sua estrutura, aumentando a porosidade e favorecendo a troca gasosa. Além disso, ao misturarem materiais orgânicos, como folhas e detritos, com o solo mineral, promovem maior aeração e facilitam a infiltração da água, essas atividades, em conjunto, contribuem significativamente para a melhoria da estrutura do solo, o que explica a maior qualidade observada em áreas onde há maior abundância dessas espécies.

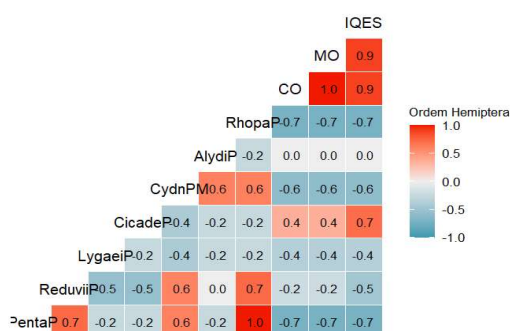
A correlação positiva entre a quantidade de formigas e a qualidade estrutural do solo (IQES) ($r = 0.8$) observada neste estudo reflete, portanto, não apenas a capacidade das formigas de responderem a mudanças ambientais, mas também a relevância das suas funções ecológicas na manutenção da estrutura e da fertilidade do solo (Rosa *et al.*, 2015).

Embora estudos anteriores corroboram a ideia de que as formigas são sensíveis a perturbações ambientais e podem ser

empregadas como ferramentas eficazes no monitoramento da saúde do solo, a correlação positiva entre a presença dessas espécies e a qualidade estrutural do solo, evidenciada neste estudo, sugere que a atividade das formigas, juntamente com os parâmetros de IQES, pode servir como indicador da regeneração e estabilidade dos sistemas analisados (McGeoch, 1998; Allaby, 1992).

Por outro lado, a família *Cabronidae*, apresentou resultados inverso, ela foi encontrada nas áreas de acerola (FRUT1) e *Brachiaria* (FORR), demonstrando forte correlação negativa observada entre o Índice de Qualidade Estrutural do Solo (IQES) ($r=-0.8$), resultado esse sugere que está família atua como bioindicadora de baixa qualidade estrutural e perturbação ambiental. Visto que esse comportamento é ecologicamente plausível, pois existem espécies da família *Crabronidae* que possuem hábitos de cavarem, também chamadas de vespas cavadoras (digger wasps), as mesmas selecionam áreas com acúmulo de serapilheira, com incidência solar, fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento da prole das vespas, contribuindo para as características da área a qual essa família foi encontrada.

Figura 3 – Matriz de Correlação Hemiptera.



Fonte: Autor

A Ordem Hemiptera apresentou uma baixa correlação com os atributos do solo (Figura 1 e 3), exceto pela família *Cicadellidae* demonstrou correlação positiva ($R = 0.7$).

As Hemípteras apresentaram uma relação menos significativa. Isso pode ser explicado pois eles possuem um hábito alimentar majoritariamente de forma filófaga, sendo o consumo de seiva vegetal a principal estratégia (como é o caso das cigarrinhas da família

Cicadellidae), e predadoras, como a da família *Reduviidae*, que é composta majoritariamente por predadores generalistas e oportunistas, se alimentam de diversos artrópodes, enquanto o hábito hematófago ocorre apenas na subfamília *Triatominae*, que inclui os percevejos barbeiros, especializados em sangue de vertebrados (Schuh; Slater, 1995; Santos, 2016).

O aparelho bucal, tanto em espécies filófagas quanto em hematófagas, é do tipo picador-sugador, caracterizado pela presença de um canal alimentar e um canal salivar. O canal alimentar é responsável pela sucção de seiva (nas filófagas) ou sangue (nas hematófagas). Ambos os casos, sua interação é com tecidos (seiva de plantas ou sangue) (Triplehorn; Johnson, 2013; Santos, 2016).

Essa correlação não tira a importância da estrutura do solo para a Ordem Hemiptera, onde a mesma é corroborada pela literatura, enquanto a biologia de grupos como a família *Cicadellidae* (cigarrinhas) é destacada por Boulard (1965), que afirma que a maioria desses Hemípteros possuem um período de vida muito mais longo na fase de ninfa, no subterrâneo do que na fase adulta. Adicionalmente, Beamer (1928) complementa que, durante a fase ninfal, possuem a característica de adentrarem o solo. Estes hábitos reforçam que a compactação atua como um forte filtro edáfico, dificultando a escavação, a mobilidade e a emergência dos adultos.

Conclusões

A macrofauna observada neste estudo mostrou-se fortemente influenciada pelas características físicas do solo. A família *Formicidae* destacou-se entre os himenópteros, apresentando correlação positiva com o Índice de Qualidade Estrutural do Solo (IQES) e com os teores de matéria orgânica. Sua ampla distribuição nas áreas avaliadas indica que as formigas se concentram em ambientes de melhor qualidade, como a Mata e os pomares de banana e goiaba, que também registraram os maiores valores de IQES. Essa associação reforça o papel das atividades das formigas como escavações e incorporação de matéria orgânica, na melhoria da porosidade e da estrutura do solo. Portanto, as formigas confirmam sua importância como bioindicadoras

de qualidade ambiental, sugerindo que ambientes mais conservados e férteis favorecem sua presença, o que, por sua vez, contribui para a estabilidade e regeneração do solo (Allaby, 1992; Rosa et al., 2015; Whei Zou et al., 2023).

Em contrapartida, as Crabronidae mostraram-se indicadoras de solos com pior qualidade estrutural, associados a condições como maior exposição solar e acúmulo de serrapilheira.

Já a baixa correlação observada entre os Hemiptera e o IQES pode indicar que, nesse grupo, fatores aéreos e vegetacionais, como a disponibilidade e a qualidade das plantas hospedeiras, além do clima local, são os principais filtros ecológicos que determinam sua permanência na fase adulta. Ainda assim, essa baixa correlação não invalida a importância dos hábitos subterrâneos de algumas espécies, como as cigarras. A integridade física do solo permanece essencial para o ciclo de vida e a manutenção dessas populações no ambiente (Grazia et al., 2012).

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha gratidão ao **PACTEC** pelo apoio financeiro e ao **IFSP-Barretos** pela infraestrutura disponibilizada. E um agradecimento especial, aos professores que contribuíram significativamente para o desenvolvimento e conclusão desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ALLABY, M. (Ed.). **The concise Oxford Dictionary of Zoology**. Oxford: Oxford University Press, 1992. 520p.

BEAMER, R. H. **Biology of Kansas Cicadidae**. Kansas: Kansas University Science, 1928. p. 155-263. (Bulletin, 18).

BOHART, R. M.; MENKE, A. S. **Sphecid Wasps of the World: A Generic Revision**. Berkeley: University of California Press, 1976.

BOULARD, M. Contributions a l'entomologie generale et appliquee 2. Cicadares (Homoptera Auchenorhynques). Premiere partie: Cicadoidea. **Ecole Pratique des Hautes Etudes, Biologie et Evolution des Insectes**, Montpellier, v. 3, p. 55-245, 1990.

CAIRES, E. F. et al. **Long-term effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil**. Soil Use and Management, v. 31, n. 2, p. 215–223, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

FUJIHARA, R. T. et al. **Insetos de Importância Econômica: Guia Ilustrado para Identificação de Famílias**. Botucatu: FEPAF, 2016. 391 p. ISBN 978-85-98187-32-7.

GRAZIA, J. et al. Capítulo 25: Hemiptera Linnaeus, 1758. **Inpa.gov.br**, 2024.

LAVELLE, P.; et al. **A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics**. Biotropica, v. 25, n. 2, p.

MAMABOLO, E.; PRYKE, J. S.; GAIGHER, R. **Soil macrofauna are important bioindicators of soil quality in agroecosystems under different management**. Ecological Indicators, v. 167, p. 112723, 2024.

MCGEOGH, M. A. **The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators**. Biological Reviews, v. 73, n. 2, p. 181–201, 11 jan. 2007.

NASCIMENTO, C. M.; et al. **Soil degradation index developed by multitemporal remote sensing images, climate variables, terrain and soil attributes**. Journal of Environmental Management, v. 277, p. 111316, 2021.

PANAGOS, P. et al. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 3, p. 471–484, 30 jan. 2018.

RALISCH, R. et al. **Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017.

ROSA, M. G. et al. **Macrofauna edáfica e atributos físicos e químicos em sistemas de uso do solo no planalto catarinense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 39, p. 1544-1553, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150033>.

SCHUH, Randall T.; SLATER, James A. **True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): Classification and Natural History**. Ithaca: Cornell University Press, 1995.

SANTOS, R. S. **Reconhecimento de percevejos predadores, fitófagos e hematófagos associados ao açaizeiro e nota sobre a Doença de Chagas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2016. Relatório Técnico.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 809 p.

ZHOU, W. et al. **Effects of ant bioturbation and foraging activities on soil mechanical properties and stability**. Global Ecology and Conservation, v. 46, p. e02575, 1 out. 2023.