

Diversidade da Macrofauna do Solo em Áreas no Cerrado Piauiense

Diversity of Soil Macrofauna in Areas in the Cerrado Piauiense

Manuela Teixeira Bonfim

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

manu250@hotmail.com

Francisco de Assis Pereira Leonardo

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

<https://orcid.org/0000-0003-4470-765X>

franciscoleonardo@urc.uespi.br

João Costa Silva

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

Joacosta2309@outlook.com

João Valdenor Pereira Filho

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5755>

joaovaldenor@urc.uespi.br

Vanessa Lopes de Castro

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

vanessalcastro@aluno.uespi.br

Isaltino Pereira Lopes Guimarães

Universidade Estadual do Piauí- UESPI

isaltinoguimaraes@aluno.uespi.br

Resumo

A degradação acelerada que os ecossistemas vêm sofrendo, principalmente em decorrência da atividade antrópica, gera a necessidade do desenvolvimento de programas de conservação e recuperação ambiental. Contudo, o conhecimento da dinâmica dos organismos em cada ecossistema é fundamental para melhorar a qualidade do solo. Objetivou-se com o estudo avaliar a macrofauna epigeica do solo em diferentes ecossistemas agrícolas. As áreas de estudo estão localizadas no município de Uruçuí-PI, na Chácara Santa Ana. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos distribuídos no tempo e no espaço, em esquema fatorial 3 x 4, sendo três períodos e quatro áreas, em oito repetições. Para temperatura, os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, representados por quatro áreas (mata nativa, cultivo de coco, capim elefante e área consolidada) e três profundidades (superfície, 7,5 cm e 15 cm), em quatro repetições. Foi avaliado a macrofauna epigeica do solo, a temperatura do solo e o conteúdo de água no solo. A área consolidada apresentou maiores quantidades de organismos e maior número de ordens. O

conteúdo de água apresentou maior valor na área de capim elefante, e a temperatura apresentou maiores valores nas três profundidades na área consolidada. A ordem hymenoptera apresentou maior número de indivíduos em todas as áreas e períodos de estudo, e apresentando baixos valores dos índices de Shannon e de Pielou, em todas as áreas avaliadas.

Palavras-chave: Degradação, Composição do solo, Microrganismos, Indicadores.

Abstract

The accelerated degradation that ecosystems have been suffering, mainly due to anthropic activity, however knowledge of the dynamics of organisms in each ecosystem is fundamental to improve soil quality. The objective of this study was to evaluate soil epigeic macrofauna in different agricultural ecosystems. The study areas are located in the municipality of Uruçuí-PI, in the Santa Ana farm. The experimental design used was completely randomized (IHD), with the treatments distributed in time and space, in a 3 x 4 factorial scheme, being three periods and four areas, in eight replications. For temperature, the treatments were arranged in a 5 x 4 factorial scheme, represented by four areas (native forest, coconut cultivation, elephant grass and consolidated area) and three depths (surface, 7.5 cm and 15 cm), in four replications. Soil epigeic macrofauna, soil temperature and soil water content were evaluated. The consolidated area presented higher amounts of organisms and a greater number of orders. The water content presented higher value in the elephant grass area, and the temperature presented higher values in the three profused in the consolidated area. The hymenoptera order showed a higher number of individuals in all areas and periods of study, and presented low values of the Shannon and Pielou indices in all areas evaluated.

Keywords: Degradation, Soil composition, Microorganisms, Indicators.

1. Introdução

A degradação acelerada que os ecossistemas vêm sofrendo, principalmente em decorrência da atividade antrópica, gera a necessidade de se desenvolver programas de conservação e recuperação ambiental. Para tanto, deve ser bem conhecida a dinâmica das interações solo-vegetação nesses ecossistemas (Borém e Ramos, 2002).

Para reduzir a degradação dos solos agrícolas, a utilização de técnicas que têm como premissa a conservação da propriedade do solo e a sustentabilidade dos sistemas produtivos tem recebido importância (Almeida et al., 2008). As práticas de manejo empregadas em um sistema de cultivo podem intervir de forma direta e indireta na variedade de invertebrados da fauna do solo (Baretta et al. 2003). Altas quantidades de produtos químicos são aplicadas, em exclusivo nos monocultivos, com a finalidade de combater organismos indesejados. Assim, o uso indiscriminado destes insumos pode acabar com alguns indivíduos benéficos ao sistema (Baretta et al., 2011).

Nesse contexto, a macrofauna do solo é composta por uma diversidade de invertebrados que são palpáveis a olho nu. As formigas, os cupins, as minhocas e os besouros são alguns organismos da macrofauna e são popularmente conhecidos como “engenheiros do solo”, pois também fazem parte na constituição e estruturação do solo. Eles participam da fragmentação do material orgânico no solo, disponibilizando esse material fragmentado à degeneração dos microrganismos (Melo et al., 2009).

As práticas de manejo em um sistema de produção podem comprometer de forma direta e indireta a fauna do solo. Os impactos diretos correspondem à ação mecânica de gradagem e aração e ao uso de agrotóxicos. As consequências indiretas estão incluídas à transformação da estrutura do habitat e dos recursos alimentares. Assim, a remoção de serapilheira e ervas daninhas, bem como a compactação do solo decorrente do uso intenso de máquinas agrícolas e monoculturas geram uma simplificação do habitat, tendo como consequência uma redução em heterogeneidade da comunidade do solo (Assad, 1997).

Portilho et al. (2011), avaliando diferentes sistemas de manejo verificaram a predominância de organismos da família Formicidae. Espindola et al. (2006) avaliando o efeito da cobertura viva formada por leguminosas herbáceas perenes, sobre a produção de bananeira, observou que as mesmas favoreceram a fixação biológica de nitrogênio.

O grupo Formicidae é responsável por funções ecológicas, como dispersão de sementes, estruturação física e química do solo, predação, ciclagem de nutrientes, entre outras (Bolico et al., 2012). Enquanto, Fowler et al. (1991) afirmam que o grupo taxonômico Formicidae tem a denominação de engenheiro do ecossistema, por estes promoverem benefícios à estrutura e colaborar para a fertilidade do solo, por meio de hábito de vida, e exercendo importante papel na cadeia alimentar.

Silva et al. (2012) mencionam que o padrão mais marcante é o de poucos grupos com muitos espécimes e muitos grupos com poucos espécimes, sendo este último, característico de climas tropicais com estações bem definidas, uma seca ou de estiagem e outra úmida ou chuvosa. Objetivou-se com o estudo avaliar a macrofauna epigeica do solo em diferentes ecossistemas agrícolas.

2. Material e Métodos

O experimento foi realizado entre os meses de agosto 2019 a julho de 2020. As áreas de estudo estão localizadas no município de Uruçuí-PI, na chácara Santa Ana, o clima dessa região é sazonal, um período chuvoso, que dura de outubro a março, é um período seco, de abril a setembro. A precipitação média anual varia de 750 a 2000 mm e temperaturas médias entre 22 °C e 27 °C.

As quatro áreas experimentais selecionadas para o desenvolvimento do estudo apresentam as seguintes características: Área 1: Plantio de coqueiros – Apresenta aproximadamente cinco anos de idade e com livre acesso de pessoas e animais que circulam pela chácara, estando localizado próximo a sede da propriedade; Área 2: Mata nativa – Foi caracterizada por apresentar uma vegetação de floresta semi-decídua preservada, onde eram observadas espécies do Cerrado; Área 3: Capim elefante – Cultivo de capim utilizado na alimentação de rebanhos leiteiros sob a forma de capineira, sendo fornecido no cocho, após picado. Área 4: Área consolidada– Área aberta, desprovida de vegetação arbórea com predominância da espécie arbustiva conhecida como mata pasto (*Senna obtusifolia*).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com os tratamentos distribuídos no tempo e no espaço, em esquema fatorial 3 x 4, sendo três períodos e quatro áreas, em oito repetições. Para temperatura, os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 4, representados por quatro áreas (mata nativa, cultivo de coco, capim elefante e área consolidada) e três profundidades (superfície, 7,5 cm e 15 cm), em quatro repetições.

Para avaliação da macrofauna do solo foram instaladas armadilhas adaptadas do tipo PROVID (Antoniolli et al., 2006), constituídas por uma garrafa PET com capacidade para 2 L, contendo quatro aberturas, uma em cada ponto cardeal, na forma de janelas com dimensões de 2 cm x 2 cm, localizadas a 20 cm da base superior da garrafa e 100ml de uma solução de detergente neutro a 15% e cinco gotas de solução de formaldeído a 37%, para a conservação da macrofauna, sendo esta enterrada com as aberturas ao nível do solo, de modo a permitir a entrada dos insetos. Foram feitas coletas a cada dois meses. Em cada coleta foram distribuídas aleatoriamente oito armadilhas em cada parcela das áreas descritas no delineamento e após quatro dias

foram retiradas e contados o número de indivíduos, sendo posteriormente classificado quanto à ordem. Os atributos ecológicos da macrofauna epigeica foram obtidos com base nos seguintes critérios: número de indivíduos por armadilha; riqueza (n.º de grupos taxonômicos); o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), que é dado pela fórmula:

$$H = - \sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Em que:

$$p_i = n_i/N$$

N_i = densidade de cada grupo;

N = somatória da densidade de todos os grupos.

Também foi avaliado o Índice de Uniformidade de Pielou (e), sendo definido por:

$$e = \frac{H}{\log S} \quad (2)$$

Em que:

H = índice de Shannon;

S = número de espécies ou grupos.

Para a determinação da umidade do solo foram realizadas coletas próximas às armadilhas, identificadas e levadas ao laboratório de química da universidade estadual do Piauí-UESPI/Universidade aberta do Brasil-UAB. As amostras foram submetidas ao método termogravimétrico, que consiste em pesar a massa de solo úmido (MU) e em seguida secá-lo em estufa a 105 °C por 24 horas e, após esse período, determinar sua massa seca (MS). O conteúdo de água foi calculado pela equação:

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \quad (3)$$

Em que:

U = umidade do solo;

MU = massa de solo úmido (g);

MS = massa de solo seco em estufa (g).

Temperatura do solo

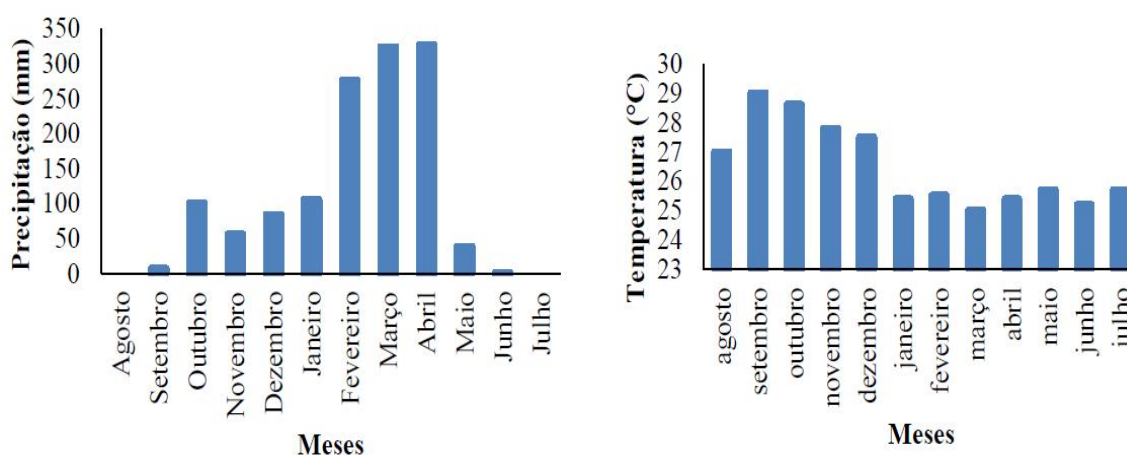
Foi verificada a temperatura em quatro profundidade do solo (0,0; 5 cm; 10,0 cm; e 15,0 cm). A verificação da temperatura do solo foi verificada pela, entre as 07h00min e 08h00min, com a ajuda de uma haste de ferro graduado em cm e um martelo, onde a haste foi introduzida no solo nas profundidades citadas anteriormente, o tempo que o termômetro ficou em cada profundidade foi de um minuto. Para a verificação das temperaturas foi utilizado um termômetro digital portátil modelo DIGITAL-Termometer Frenchcooking.

Foi realizado o índice de Shannon e Pielou. Foram apresentados os valores médios de cada coleta.

3. Resultados e Discussão

No período do experimento foi verificado maior precipitação entre os meses de fevereiro a abril, com precipitações acima de 300 mm mensais. Houve variação da temperatura durante o período analisado, sendo que os meses de agosto a dezembro de 2019 apresentaram temperaturas médias mais elevadas (Acima de 27 °C) e os meses entre janeiro e julho de 2020 apresentaram temperaturas médias abaixo de 25 °C (Figura 1).

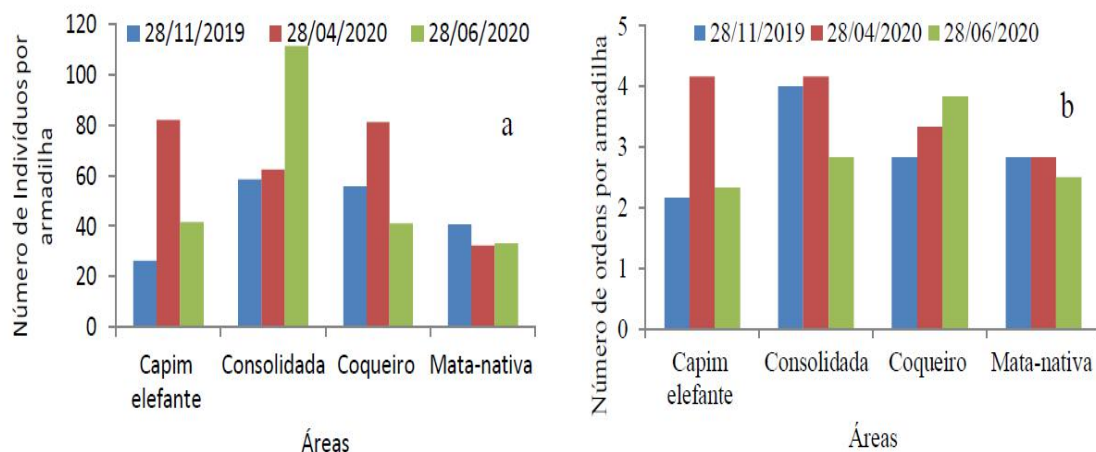
Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média durante o período de experimento.



Fonte: INMET

Para número de indivíduos da macrofauna epigeica do solo verificou-se que a área consolidada foi superior nos meses de novembro e de junho e as áreas cultivadas com capim elefante e coqueiro foram superiores no mês de abril, enquanto a mata nativa apresentou o menor número de indivíduos em todos os períodos avaliados (Figura 2a). O número de ordens encontradas por armadilhas apresentou uma variação entre os períodos avaliados e entre as áreas estudadas (Figura 2b). O período com maiores valores foi encontrado no mês de abril nas áreas de capim elefante e consolidada. Já no período do mês de novembro de 2019 a área que apresentou maior número de ordens por armadilha foi na área consolidada. A área de mata nativa apresentou-se estável nos três períodos estudados.

Figura 2. Número de indivíduos e número de ordens da macrofauna do solo em três períodos e quatro áreas no município de Uruçuí-PI.



A macrofauna encontrada apresentou vários grupos taxonômicos e variações na frequência de indivíduos de cada grupo. Na avaliação realizada no mês de novembro de 2019, nas diferentes áreas de estudo, foi verificada maior frequência de invertebrados pertencente ao grupo das formigas (Hymenoptera) em todas as áreas de estudo, principalmente na área consolidada. A grande presença de formigas ocorre e provavelmente pelo o desequilíbrio ecológico nas áreas estudadas que provoca a proliferação em grande quantidade dessa ordem de insetos. O índice de Shannon representa a diversidade de organismos na área e varia de 0 a 5. Houve baixa diversidade para todas as áreas estudadas. Já o índice de equabilidade de Pielou (e) indica a proporcionalidade entre os grupos encontrados, varia de 0 a 1 e quanto mais

próximo de 1 mais equilibrado é o ambiente, sendo observado no estudo baixo valores de ‘e’ (Tabela 1).

Tabela 1. Macrofauna do solo em diferentes áreas coletada no mês de novembro de 2019, nas condições de Uruçuí-PI.

Ordens/áreas	Coqueiro	Capim elefante	Mata nativa	Consolidada
Aranea	4,49	9,55	1,81	1,45
Coleoptera			4,22	0,48
Orthoptera	0,60		1,20	0,12
Hymenoptera	93,41	89,81	92,17	97,46
Hemiptera				0,36
Diptera	1,20	0,64		0,12
Dermaptera	0,30			
Isoptera			0,60	
Índice Shannon (H)	0,34	0,35	0,32	0,59
Índice de Pielou (e)	0,21	0,32	0,20	0,33

Na avaliação realizada no mês de abril de 2020 nas diferentes áreas de coleta, foi verificada maior frequência de invertebrados da ordem Hymenoptera, em todas as áreas de estudo, resultado semelhante ao encontrado na avaliação anterior. Para diversidade de organismos (Índice de Shannon), a área que obteve maior valor foi à área do capim elefante com 0,97. E as áreas que apresentaram menores valores foram às áreas do coqueiro e mata-nativa com 0,40 e 0,55 respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Macrofauna do solo em diferentes áreas coletada no mês de abril de 2020, nas condições de Uruçuí-PI.

Ordens/áreas	Coqueiro	Capim elefante	Mata nativa	Consolidada
Aranea	5,54	1,42	12,95	4,29
Coleoptera	1,03	13,01	2,07	8,58
Orthoptera	0,82	1,42	0,52	3,49
Hymenoptera	90,97	67,07	83,94	76,41
Diptera	1,64	16,87	0,52	7,24
Dermaptera		0,20		
Isoptera			0,60	
Índice Shannon (H)	0,40	0,97	0,55	0,86
Índice de Pielou (e)	0,25	0,54	0,34	0,53

A macrofauna avaliada no mês de julho de 2020, apresentou maior frequência de invertebrados pertencente ao grupo Hymenoptera assim como nas avaliações anterior, sendo na área consolidada o maior número encontrado. Assim também como nas

demais avaliações, a presença do grupo de Aranea e também a presença dos organismos da ordem Coleoptera que são considerados bons indicadores de qualidade do solo. Com relação a diversidade de organismos (Índice de Shannon), a área que apresentou maior valor foi a área do Coqueiro com 0,57, e a área com menor valor foi a área consolidada com 0,15 respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Macrofauna do solo em diferentes áreas coletada no mês de junho de 2020, nas condições de Uruçuí-PI.

Ordens/áreas	Coqueiro	Capim elefante	Mata nativa	Consolidada
Aranea	6,12	3,21	2,54	0,60
Coleoptera	4,49	1,61	4,57	0,00
Orthoptera	2,04	0,40	0,00	0,45
Hymenoptera	86,12	94,78	92,89	97,15
Diptera	1,22			1,80
Índice Shannon (H)	0,57	0,25	0,30	0,15
Índice de Pielou (e)	0,36	0,18	0,28	0,11

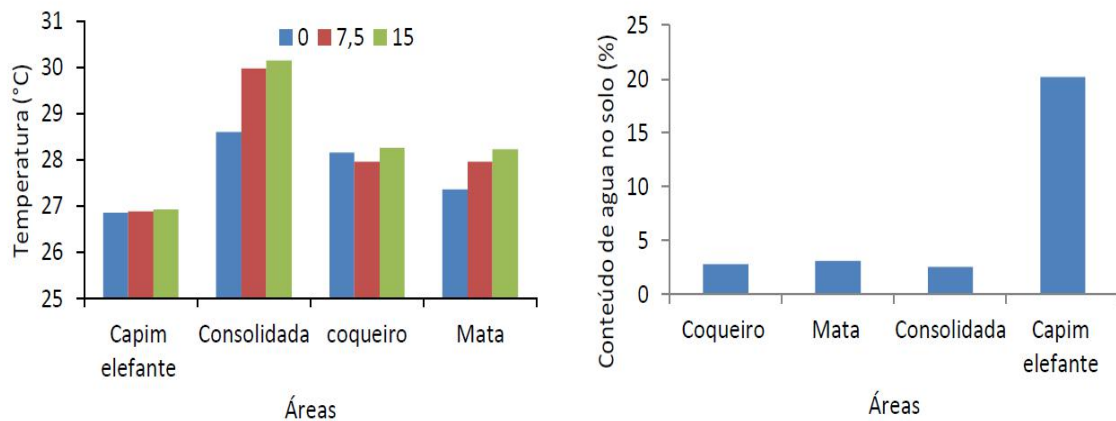
Alguns autores apontam na literatura que o grupo Hymenoptera é o abundante dos ambientes edáficos, como Leal (2003) e Melo et al. (2009). Cruz et al. (2015) avaliando os organismos da macrofauna do solo também detectaram que os grupos mais abundantes, corresponderam a Hymenoptera com 53,04% e Coleoptera com 16,49%.

A presença de um maior número de ordens pode ser explicada pela busca de alimento por parte desses indivíduos, como no caso da aranha (Aranea) e tesourinhas (Dermaptera). Estes insetos são também reconhecidos como fauna epígeca, pois caminham muito sobre a camada superficial do solo atrás de alimento (Aquino, 2001).

Na pirâmide de fluxo de energia, as formigas possuem uma importante atuação, pois agem na ciclagem de nutrientes, no controle da população de outros invertebrados, devido elas estarem entre as maiores predadoras de outros insetos, além de atuarem como dispersoras de sementes (Silva, 2006). O estudo realizado por Pequeno et al. (2009) identificou a ordem Hymenoptera como a dominante, avaliada como um dos grupos de invertebrados mais consideráveis e numerosos em grande parte dos ecossistemas terrestres, tendo as formigas como uma das famílias mais importantes dentro desse grupo. Elas modificam a ciclagem de nutrientes, enriquecendo o solo com as lixeiras das colônias e transferindo nutrientes para camadas mais profundas do solo durante a construção e relocação dos ninhos (Wirth et al., 2003).

Verifica-se na Figura 3 que área consolidada apresentou maiores temperaturas nas três profundidades estudadas, enquanto na área com capim elefante foi observado as menores temperaturas no solo. Já o conteúdo de água no solo foi maior na área com capim elefante, sendo que as demais áreas apresentaram valores baixos de conteúdo de água no solo.

Figura 3. Temperatura do solo (a) em três profundidades e quatro áreas e conteúdo de água no solo (b) em quatro áreas no município de Uruçuí-PI.



O maior conteúdo de água e menor temperatura na área com capim elefante pode estar relacionado acúmulo de resíduos no solo, evitando a perda de água por evaporação, pois a cobertura por meio de resíduos vegetais reduz a evaporação, aumenta a infiltração da água no solo, diminui a intensidade térmica da superfície do solo e, consequentemente, mantém a umidade (Almeida et al., 2011).

4. Conclusão

Na área consolidada houve maiores quantidades de organismos e maior número de ordens. O conteúdo de água foi maior na área de capim elefante e a temperatura apresentou maiores valores nas três profundidades na área consolidada. A ordem hymenoptera foi maior em número de indivíduos em todas as áreas e períodos de estudo. Os valores dos índices de Shannon e de Pielou, em todas as áreas avaliadas foram baixos.

Referências

Almeida, D. O.; Filho, K. O.; Almeida, C. H.; Gebler, L.; Felipe, F. A. (2011). Soil microbial biomas undermulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, 68(1), p. 217-222.

Almeida, M. D. C.; Trindade, A. V.; Maia, I. C. S.; Marques, M. C. (2008). Influências dos diferentes sistemas de manejo no comportamento da microbiota do solo em áreas sob cultivo de mamão na região de Cruz das Almas, BA. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 8, p. 67-75.

Antoniolli, I. Z.; Conceição, P. C.; Bock, V.; Port, O.; Silva, D. M.; Silva, R. F. (2006) Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Revista Ciência Florestal**, 16, p. 407-417.

Aquino, A.M. (2001) Manual para Macrofauna do solo. **Seropédica: Embrapa agrobiologia**, 21p.

Assad, M. L. L.; Vargas, M. A. T.; Hungria, M. A. T. (1997) Biologia dos solos dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 363-443.

Barbosa, O. D. A. A. (2008) Entomofauna de solo em áreas de vegetação nativa e de cultivo de cana-de-açúcar no município de União, Piauí, 53 p. Dissertação Mestrado em Agronomia, Universidade Federal do Piauí. Teresina.

Baretta, D.; Santos, J. C. P.; Mafra, A.L.; Wilnder, L. P.; Miquelluti, D. J. (2003) Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 2, p. 97-106.

Baretta, D; Santos, J. C. P; Segat, J. C; Geremia, E. V; Oliveira Filho, L. C. I; Alves, M. V. (2011) Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciências do Solo**, 7, p.119-170.

Barros, E.; Neves, A.; Blanchart, E.; Fernandes, E. C.; Wandelli, E.; Lavelle, P. (2003) Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, 47, p. 273-280.

Bolico, C. F.; Oliveira, E. A.; Gantes, M. L.; Dumont, L. F. C.; Carrasco, D. S.; D'incao, F. (2012) Mirmecofauna (Hymenoptera, Formicidae) de duas marismas do Estuário da

Lagoa dos Patos, RS: diversidade, flutuação de abundância e similaridade como indicadores de conservação. **EntomoBrasilis**, 5, p.11-20.

Borém, R. A. T.; Ramos, D. P. (2002) Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, 8, p. 42-59.

Cruz, M. P. (2015) Caracterização da Macrofauna Artrópoda em Área de Reserva Florestal no Município de Lagoa Seca – Paraíba. **Cadernos de Agroecologia**, 10(2), p. 1-4. Recife

Espindola, J.; Marinho Guerra, J. G.; Perin, A.; Teixeira, M. G.; de Almeida, D. L.; Urquiaga, S.; Busquet, B. R. N. (2006). Banana plants intercropped with perennial herbaceous legumes used as living mulches. **Pesq. Agropec. Bras**, 41, p. 415-420.

Fowler, H. G.; Forti, L. C.; Brandão, C. R. F.; Delabie, J. H. C.; Vasconcelos H. L. (1991). Ecologia Nutricional de Formigas. Ecologia Nutricional de Insetos e suas implicações no manejo de pragas São Paulo, **Manole**, 359 p.

Leal, I. R.; Leal, I. R.; Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. (2003). Diversidade de formigas em diferentes unidades de paisagem da Caatinga. **Ecologia e conservação da Caatinga**. 1, p. 435-462. EDUSPE Recife.

Melo, F. V. De; Brown, G. G.; Constantino, R.; Louzada, J. N. C.; Luizão, F. J.; Morais, J. W. De; Zanetti, R. A (2009). Importância da mesa e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**. 34(1), p. 39-43.

Pequeno, P. L. L. (2009). Comportamento da Macrofauna edáfica em diferentes modelos de arborização de cafeeiro Robusta (*Coffea canephora*) em Rondônia. **XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Novos Caminhos para Agricultura Conservacionista no Brasil.

Portilho, I. I. R.; Crepaldi, R. A.; Borges, C. D.; Silva, R. F.; Salton, J.C.; Mercante, F. M. (2011). Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(10). p. 1310-1320.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000027>

<https://doi.org/10.5281/zenodo.14446396>

Silva, J. (2012). Invertebrados edáficos em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 7(2). p. 112-125. Pelotas.

Silva, V. R.; Reichert, J. M.; Reinert, D. J. (2006). Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 30, p. 391-399.

Wirth, R. (2003). Herbivory of leaf-cutter ants: A case study of *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panama. **Springer**. Berlin.