

Vol 17, Núm1, jan-jun, 2024, pág. 618-632.

Uso de insetos edáficos como instrumento de qualidade ambiental para os solos amazônicos

Use of edaphic insects as an environmental quality instrument for amazonian soils

André Ribeiro Manuiama
Felipe Sant' Anna Cavalcante
Rosineide Campos Chaves
Renato Abreu Lima

RESUMO

O solo tem se tornado foco de preocupação devido à gradativa contaminação de ambientes terrestres, onde o interesse em avaliá-lo é estimulado pela crescente consciência de que o solo é um componente importante da biosfera terrestre, funcionando na manutenção da qualidade ambiental local, regional e global. O presente artigo tem por objetivo reunir diversos estudos sobre o uso de insetos edáficos, buscando obter um maior entendimento como instrumento de qualidade para os solos amazônicos. Através da busca eletrônica em plataformas de dados, foram selecionados para este trabalho nove artigos. Os resultados mostraram evidências significativas relacionada a grupos com grande importância, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera, além disso, as análises dos artigos indicaram que a meso e a macrofauna são utilizadas com maior frequência nos estudos de indicadores de qualidade do solo, desempenhando funções fundamentais para a manutenção do ecossistema e para a avaliação de uma determinada área.

Palavras-chave: Ecossistema; bioindicadores; macrofauna; degradação.

ABSTRACT

Soil has become a focus of concern due to the gradual contamination of terrestrial environments, where interest in evaluating it is stimulated by the growing awareness that soil is an important component of the terrestrial biosphere, functioning in the maintenance of local, regional and global environmental quality. This paper aims to bring together several studies on the use of edaphic insects, seeking to obtain a greater understanding as an instrument of quality for Amazonian soils. Through an electronic search in data platforms, nine articles were selected for this work. The results showed significant evidence related to groups with great importance, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera and Orthoptera, in addition, the analysis of the articles indicated that meso and macrofauna are used more frequently in studies of soil quality indicators, performing fundamental functions for the maintenance of the ecosystem and for the evaluation of a given area.

Keywords: Ecosystem; bioindicators; macrofauna; degradation.

INTRODUÇÃO

O solo é um ecossistema no qual diversos organismos interagem entre si, sendo um recurso natural vital para o funcionamento e equilíbrio do ecossistema terrestre, e representa um balanço entre fatores físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO;

MONTEIRO 2007; MOREIRA et al., 2013). Estes fatores podem ser utilizados como uma ferramenta para identificar a degradação de uma área perturbada, afinal, este recurso natural é capaz de influenciar uma diversidade de outros fatores como hidrologia, erosão e ciclos biogeoquímico (ADAMCOVÁ et al., 2016).

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais (DORAN; PARKIN, 1994).

Atualmente, o solo tem se tornado foco de preocupação devido à gradativa contaminação de ambientes terrestres e aquáticos, decorrente do progresso e avanços socioeconômicos no país (NIVA et al., 2012). Tais ações têm impacto negativo e levam à degradação do ambiente edáfico e, conseqüentemente, ao comprometimento de suas funções dentro dos sistemas biológicos (ROVEDDER et al., 2009).

Além disso, o interesse em avaliar a qualidade do solo é estimulado pela crescente consciência de que o solo é um componente importante da biosfera terrestre, funcionando na manutenção da qualidade ambiental local, regional e global (DORAN; ZEISS, 2000).

O conhecimento da composição da comunidade de organismos no solo é uma ferramenta importante para compreender o efeito sobre os processos edáficos e para elucidar como a fauna do solo é afetada pelas práticas agrícolas e mudanças no uso do solo (ZAGATTO, 2014).

A alteração da cobertura vegetal e demais práticas do manejo agrícola perturbam a fauna e os microrganismos não somente pelas mudanças nas propriedades do solo, mas também pela ação direta dessas práticas (GONGALSKY et al., 2016).

Estudos que avaliam a presença e composição de comunidades do solo vêm sendo desenvolvidos com frequência, uma vez que estes organismos podem assumir papel fundamental na regulação dos sistemas agrícolas (DEVIDE; CASTRO, 2008). Dessa forma, as populações da fauna edáfica manifestam-se através das características das suas comunidades, das condições do ambiente, podendo servir como indicadores da qualidade do solo (BARETTA et al., 2011).

Para Louzada; Zanetti (2013) os insetos têm sido considerados como uma boa alternativa como bioindicadores da restauração de áreas degradadas, apresentando uma série de vantagens como elevada abundância, curto ciclo de vida, facilidade de amostragem e sensibilidade à alteração ambiental.

Além disso, Nunes (2010) ressalta que a fauna do solo, por apresentar alta diversidade e rápida capacidade de reprodução, é um excelente bioindicador, e que suas propriedades ou funções indicam e determinam a qualidade ou o nível de degradação do solo.

Esses invertebrados são de fundamental importância para a manutenção da qualidade do solo, pois promovem a redistribuição de nutrientes e de matéria orgânica, por meio de suas atividades biodinâmicas, e participam diretamente do equilíbrio do ecossistema, ao ocupar níveis tróficos da cadeia alimentar (LEE, 1994; LAVELLE; SPAIN, 2001).

Desta forma, o presente artigo tem por objetivo reunir diversos estudos sobre o uso de insetos edáficos, buscando obter um maior entendimento para o uso destes, como instrumento de qualidade para os solos amazônicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão integrativa da literatura científica ocorreu mediante a busca eletrônica de artigos encontrados em plataformas de dados tais como: Portal de Periódicos CAPES, SciELO, Google Acadêmico e ScienceDirect.

Foram incluídos neste trabalho, apenas artigos publicados a partir do ano de 2010 a 2020, sendo as referências mais antigas aquelas que foram referenciadas pelos autores dos artigos científicos selecionados para esta revisão literária, sendo descartado artigos em inglês e aqueles publicados abaixo do ano de 2010. O propósito deste método de pesquisa é obter um profundo entendimento de um determinado fenômeno baseando-se em estudos anteriores (GALVÃO; MENDES; SILVEIRA, 2008).

As palavras-chaves utilizadas foram “fauna edáfica”, “quality bioindicators” e “Amazon”, além do seguinte comando inserido na pesquisa: "insetos edáficos"+"solo"+"bioindicadores"+"SciELO"/" ScienceDirect", utilizado para filtrar e facilitar a busca de artigos com maior relevância.

Através da busca eletrônica de artigos nas bases de dados citadas na metodologia, foram selecionados 60 artigos para revisão. Destes, 30 foram excluídos após a leitura do título, por não terem relação direta com o tema proposto. A partir dos 30 artigos resultantes, foram submetidos a uma leitura completa e a um processo de filtragem com base em critérios de inclusão e descarte para obter um conjunto final. Dessa forma, o

trabalho final contemplou um total de nove publicações, sendo oito artigos e uma dissertação de mestrado.

Os nove trabalhos selecionados estão apresentados no quadro a seguir por ordem cronológica de publicação, juntamente com seus respectivos códigos de identificação.

Quadro 1: Artigos selecionados por ordem cronológica de apresentação com seus respectivos códigos

Cód.	Título	Autor/ano
T1	Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potencial indicadores biológicos de qualidade solo.	Rieff (2010)
T2	Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do rio São Lourenço, Campo Verde–Mt, Brasil.	Cândido et al. (2012)
T3	Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental.	Rousseau et al. (2014)
T4	Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia.	Silva et al. (2015)
T5	Macrofauna do Solo.	Souza (2015)
T6	Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina, Brasil.	Pompeo (2016)
T7	Fauna edáfica como bioindicadora de restauração com arbóreas nativas, em área de caatinga.	Alves et al. (2017)
T8	Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro.	Silva et al. (2020)
T9	Levantamento de insetos com potencial bioindicador de qualidade ambiental em fragmento de floresta Atlântica no estado do Rio de Janeiro.	Mendes et al. (2020)

No trabalho T1, desenvolvida por Rieff (2010), o autor avaliou qualitativa e quantitativamente a população de ácaros e colêmbolos, como potenciais indicadores biológicos, presentes em uma área com cultivo de *Eucalyptus* sp., uma área de mata nativa e outra de campo nativo. Nessas áreas, foram coletadas amostras de solos com a utilização de cilindros metálicos de 7 cm de diâmetro e 7,5 cm de altura, onde foram introduzidos no solo e depois retirados, e para a extração da fauna edáfica das amostras, utilizou-se o método do funil de Belerse-Tullgren, adaptado. Através desse método, foi possível constatar que solos de áreas sob mata nativa apresentaram o maior número de ácaros e colêmbolos em comparação com as demais áreas, mostrando que as diferentes coberturas vegetais podem influenciar diretamente na presença de indivíduos. Vale ressaltar que a

presença da fauna edáfica em determinadas áreas é interpretada como indicador de certo grau para a conservação.

O trabalho T2, desenvolvida por Cândido et al. (2012) avaliou a macrofauna da serapilheira e do solo como bioindicadores da qualidade ambiental, na nascente do rio São Lourenço, realizada em dois pontos, no fragmento da mata ciliar (MC) e na unidade demonstrativa de restauração ecológica (UDRE). Em cada ponto foram coletadas amostras de serapilheira e seis amostras de solo com profundidade de 5cm. Os resultados demonstraram que a mata ciliar apresenta maior diversidade em relação a área em recuperação, dados estes constatados pelos índices ecológicos e pelo monitoramento de temperatura da área de estudo, e foi possível elencar uma série de possíveis indicadores de recuperação de áreas degradadas (com base em invertebrados edáficos), bem como o estabelecimento de metas quantitativas dos projetos de recuperação.

O trabalho T3, abordada por Rousseau et al. (2014) identificou os principais determinantes da composição e da diversidade dos grandes táxons de macrofauna do solo em áreas de capoeiras e florestas. Como resultado, a composição da macrofauna se mostrou sensível ao efeito do histórico de uso do solo e identificou comunidades significativamente distintas entre as microrregiões, havendo nessa escala efeito da cronosequência de capoeiras e florestas. Portanto, a intensidade do uso do solo levou a redução da abundância e da riqueza de predadores, indicando alterações significativas no funcionamento do solo. Esses resultados mostram um efeito duradouro da degradação sobre a macrofauna do solo e conseqüentemente sobre suas funções ecológicas. Dentre os Coleópteros, a família com maior destaque foi a Staphylinidae com 644 indivíduos, por apresentar maior abundância e por ter maior ocorrência em locais menos perturbados ecologicamente, apresentando sensibilidade às modificações do ambiente, sendo apontada como possível bioindicador.

O trabalho T4, desenvolvida por Silva et al. (2015) objetivou avaliar a influência de diferentes usos do solo sobre a fauna edáfica e indicar os melhores bioindicadores de qualidade do solo nos ambientes testados. Como método de amostragem foi utilizado armadilhas do tipo PROVID, que permaneceram sete dias no campo. Dessa forma, foi possível constatar que os grupos taxonômicos Coleoptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera e Isopoda são os melhores bioindicadores de qualidade edáfica nos diferentes usos do solo.

O trabalho T5, desenvolvido por Souza (2015) discorreu sobre a importância da macrofauna do solo para os processos biológicos que nele ocorrem e para a manutenção da saúde desse ecossistema e sobre o efeito das modificações no solo sobre a macrofauna nele existente. Dessa forma, constatou-se que os organismos da macrofauna desempenham diversas atividades, contribuindo para o equilíbrio do ecossistema. Esses organismos constituem importantes bioindicadores de qualidade do solo, pois são afetados por diversos fatores, os quais podem influenciar negativamente a abundância e a sobrevivência de grupos específicos.

O trabalho T6, desenvolvido por Pompeo (2016) avaliou a diversidade de grupos da fauna invertebrada e sua relação com atributos edáficos em três usos da terra: Floresta Nativa (FN), Reflorestamento de *Pinus* (RP) e Campo Nativo Melhorado (CNM), no município de Lages, Santa Catarina. A fauna mostrou respostas diferentes na sua distribuição para cada uso da terra, logo, as variáveis ambientais podem limitar o estabelecimento dos invertebrados mais frequentes no solo. Os sistemas FN e CNM apresentaram melhores condições dos atributos edáficos e por isso maior biodiversidade, quando comparados ao Reflorestamento de *Pinus* (RP).

O trabalho T7, desenvolvido por Alves et al. (2017) avaliou a meso e macrofauna edáficas, antes e depois da implantação de mudas de plantas, utilizando a fauna do solo como bioindicadora de restauração. Para a captura dos invertebrados foram instaladas armadilhas de queda com espaçamento de 10 m, sendo quatro por parcela, totalizando 16 armadilhas. Dessa forma verificou-se a riqueza e abundância dos táxons, uniformidade e diversidade da área. A análise dos componentes principais e análise de coordenadas principais, mostraram diferença significativa entre as três coletas realizadas, o que se deve à implantação das espécies nativas, que tornou o hábitat favorável em termos de variedades de recursos.

O trabalho T8, desenvolvida por Silva et al. (2020), verificou o potencial da fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo e ambiental em Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual secundária (MC), Floresta Estacional Semidecidual em regeneração (MI) e área sob cultivo do cafeeiro (CA), no Sul de Minas Gerais, destacando a importância da manutenção dessas áreas para a conservação da fauna edáfica e manutenção dos serviços ambientais por eles exercidos. A metodologia de coleta dos invertebrados foi a recomendada pelo “Tropical Soil Biology And Fertility” (TSBF). Em

cada área foram retirados 10 monólitos de solo (25 x 25 cm) na profundidade de 20 cm. Dessa forma, a maior densidade de invertebrados foi encontrada no Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual secundária (MC). Os insetos sociais Isoptera e Formicidae foram os mais abundantes nas três áreas estudadas. Encontrou-se baixa densidade de Coleoptera Staphylinidae em Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual secundária, em comparação com as demais áreas, indicando sua associação com áreas antropizadas.

O trabalho T9, desenvolvido por Mendes et al. (2020) os autores realizaram o levantamento da entomofauna, com ênfase em Hymenoptera, Coleoptera e Orthoptera, em um fragmento de floresta Atlântica, a fim de compreender suas interações com a flora e a sua relação com a altura da serapilheira, além de identificar possíveis bioindicadores de qualidade ambiental. Foram utilizadas armadilhas de queda do tipo pitfall. Dessa forma, foi possível fazer a captura de Coleopteros, Hymenopteras e Orthopteras. Dentre os Coleópteros, a família com maior destaque foi a Staphylinidae com 644 indivíduos, por apresentar maior abundância e por ter maior ocorrência em locais menos perturbados ecologicamente, apresentando sensibilidade às modificações do ambiente, sendo apontada como possível bioindicador.

Estudos desenvolvidos em solos de ecossistemas florestais, mostram que o uso de indicadores biológicos de qualidade do solo é mais sensível, na caracterização das mudanças ambientais e/ou distúrbios antrópicos, comparados aos atributos físico-químicos, possivelmente porque refletem uma situação mais real (TÓTOLA; CHAER, 2002; SCHLOTTER, DILLY; MUNCH, 2003; BARETTA et al., 2008).

A análise dos artigos que integram essa pesquisa apresentou resultados significativos relacionados ao uso da fauna edáfica como instrumento eficaz para medir a qualidade dos solos, possibilitando comparar os diversos trabalhos publicados nos últimos anos com as demais literaturas. De acordo com Lavelle et al. (2006), os estudos com a comunidade edáfica são realizados com o intuito de estabelecer melhor as funções dos organismos, evidenciando que a maior diversidade biológica estabelece um equilíbrio do solo por um período de tempo maior, sendo importante objeto de estudo em avaliação de qualidade do ambiente e da sustentabilidade dos sistemas de produção.

Estudos realizados por Brown; Sautter, (2009) e por Baretta et al. (2011), descrevem a fauna edáfica como invertebrados que vivem no solo durante toda a vida ou em algum estágio do ciclo biológico. Dessa maneira, desempenhando uma importante

função no crescimento vegetal, contribuindo para a manutenção da matéria orgânica e influenciando na formação da estrutura do solo por meio da melhoria de suas propriedades físicas (BARETTA et al., 2011; OLIVEIRA-FILHO et al., 2016; POMPEO et al., 2016).

Conforme Rozen et al. (2010), destacam a fauna edáfica, como um componente importante do ecossistema terrestre, porque colabora com processos ecológicos. Atuando em sinergismo com a microbiota do solo, na decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, beneficiando a aeração do solo, infiltração de água e funcionamento biológico do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Além disso, os trabalhos apresentaram informações importantes que colaboraram para o entendimento dos fatores que favorecem a diversidade de espécies presente nas mais diversas áreas. Pompeo (2016), descreveu essa relação da diversidade de grupos com atributos edáficos em três usos da terra, o que mostrou respostas diferentes na sua distribuição para cada uso da terra, logo as variáveis ambientais podem limitar o estabelecimento dos invertebrados mais frequentes no solo.

Pereira et al. (2013), destaca os ecossistemas que apresentam maior diversidade de espécies vegetais, proporcionam um microclima mais favorável, com maior quantidade e qualidade de fontes de alimentos e abrigo para a fauna edáfica, possibilitando condições para que esses organismos possam sobreviver e se reproduzir.

Além disso, esses organismos podem ter sua população afetada pela qualidade e quantidade da serapilheira, especialmente em ambientes tropicais, e, pelas alterações de ordem biológicas, físicas e químicas ocorridas no solo (BARETTA et al., 2011).

Aquino et al. (2008), destacam que a comunidade de organismos da fauna edáfica apresenta uma grande diversidade de formas, comportamentos, tamanhos e estratégias de forrageio que podem ser influenciados pelo tipo de manejo empregado.

Outro aspecto importante abordado nos artigos tem relação com a abundância da fauna edáfica sendo utilizada como bons bioindicadores de qualidade por serem sensíveis às mudanças ambientais e podendo indicar problemas ou melhorias no ambiente edáfico.

Conforme Rousseau et al. (2013), a intensa interação da diversificada comunidade de invertebrados edáficos com os demais atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, torna-os importantes indicadores de qualidade, principalmente por sua rápida resposta às alterações do meio.

No mesmo sentido, Brown (1997) destaca as principais espécies bioindicadoras, com potencial para uso em programas de monitoramento ambiental, pertencente às ordens Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Orthoptera.

Em seu trabalho, Baretta et al., (2011), classifica a biota do solo em grupos de acordo com sua mobilidade, hábito alimentar, função que desempenha no solo e, principalmente pelo seu tamanho corporal (diâmetro), em: microfauna (< 0,2 mm), mesofauna (0,2 – 2,0 mm) e macrofauna (> 2,0 mm).

De acordo com Correia; Oliveira (2000), a microfauna do solo cujo diâmetro corporal varia entre 4 µm e 100 µm é representada em sua maioria por protozoários, rotíferos, copépodes, tardígrados, nematóides etc. Estes pequenos animais atuam de maneira indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos. A intensidade de predação pode intensificar a mineralização ou retardar a imobilização de nutrientes na biomassa microbiana.

A mesofauna está compreendida entre populações de 100 µm a 2 mm, é formada por ácaros, colêmbolos, aracnídeos, diversas ordens de insetos e alguns oligoquetos. Suas atividades tróficas incluem tanto o consumo de microrganismos e da microfauna, como também a fragmentação do material vegetal em decomposição (saprofagia), alterando a ciclagem de nutrientes, afetando a estrutura do solo, produzindo pelotas fecais, criando bioporos e promovendo a humificação (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

A macrofauna apresenta diâmetro corporal entre 2 mm e 20 mm e podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Regulam as populações de fungos e da microfauna, estimulam a atividade microbiana, podendo afetar a estrutura do solo, misturando partículas orgânicas e minerais, redistribuindo a matéria orgânica e microrganismos, promovendo a humificação e produzindo pelotas fecais (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Barreta et al. (2006), salienta que maioria dos organismos que compõem a macrofauna edáfica encontra-se na camada superficial do solo (0 a 10 cm de profundidade), que é a mais afetada pelas práticas de manejo.

Em função do diâmetro e facilidade de amostragem, a meso e a macrofauna são utilizadas com maior frequência nos estudos de indicadores de qualidade do solo, desempenhando funções fundamentais para a manutenção do ecossistema, visto que as

ações antrópicas, acarretam redução da diversidade e abundância de organismos da mesofauna (OLIVEIRA-FILHO; BARETTA; SANTOS, 2014).

A utilização do termo bioindicador serve para identificar organismos que podem produzir respostas biológicas que indicam efeitos de poluentes neles próprios, nas populações, comunidades e ecossistemas (MARION, 2011).

Os bioindicadores podem ser usados na avaliação da indicação de alterações de habitat, destruição do ambiente natural, contaminação por metais pesados ou produtos químicos utilizados nas culturas ou outro tipo de contaminante, reabilitação de áreas degradadas, sucessão da vegetação e tipo de manejo adotado (ANDRÉA, 2010).

Como a fauna do solo e da serapilheira apresentam alta diversidade e rápida capacidade de reprodução, são excelentes bioindicadores, e suas propriedades ou funções indicam e determinam a qualidade ou o nível de degradação do solo. Esses fatores podem ser avaliados pela presença de organismos específicos ou análise da comunidade e processos biológicos como, a modificação da estrutura do solo e níveis de decomposição (WINK et al., 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises levantadas indicaram que a meso e a macrofauna são utilizadas com maior frequência nos estudos de bioindicadores de qualidade do solo, desempenhando funções fundamentais para a manutenção do ecossistema, além de serem responsáveis pela característica de indicar alguma mudança no solo.

Portanto, os estudos demonstram a importância da diversidade da fauna edáfica, sendo utilizadas no biomonitoramento e avaliação de uma determinada área. A presença, ausência ou abundância desses indivíduos pode significar alguma contaminação ou degradação, que podem ser prejudiciais para todo o ecossistema no futuro. Dessa forma, sugere-se que mais estudos sejam feitos sobre essa grande diversidade faunística, contribuindo de maneira significativa para estudos futuro.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e doutorado aos primeiros autores.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉA, M. M. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/Bioindicadores/index.htm>. Acesso em: 22/4/2021.
- ANDRÉA, M. M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zool. Mex.**, 2:97-107, 2010.
- ADAMCOVÁ, D.; VAVERKOVÁ, M. D.; BARTONS, S. HAVLICEK, Z.; BROUSKOVÁ, E. Soil contamination in landfills: a case study of a landfill in Czech Republic. **Solid Earth, Munich**, v.7, p.239-247, 2016.
- ALVES, F. I. V.; FIALHO, J. S.; NOGUEIRA, F. C. B.; MAIA, L. S. Fauna edáfica como bioindicadora de restauração com arbóreas nativas, em área de caatinga. **Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer**, v.4, n.7, p.1-15, 2017.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosciência Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- AQUINO, A. M. D.; SILVA, R. F. D.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, M. D. F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no till system in the Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v.44, p.91-97, 2008.
- BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. P. C.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA-FILHO, L. D.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, v.7, p.119-170, 2011.
- BARETTA, D.; MALUCHE-BARETTA, C. R. D. M.; CARDOSO, E. J. B. N. Análise multivariada de atributos microbiológicos e químicos do solo em florestas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2683-2691, 2008.
- BROWN, G. G.; SAUTTER, K. D. Biodiversity, conservation and sustainable management of soil animals: the XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1-9, 2009.
- BROWN JR., K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B., eds. **Indicadores ambientais**. Sorocaba, PUCC/Schell, p.143-155. 1997.
- CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; BARBOSA, D. S.; FARIAS, L. N.; SOUZA, W. P. Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do Rio São Lourenço, Campo Verde –MT, Brasil. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**,

v. 9, n. 1, p. 067-082, 2012.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. **Fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 46p. Embrapa Agrobiologia. Documento, 112, 2000.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M. **Manejo do solo e a dinâmica da fauna edáfica.** São Paulo: Apta Regional, p.7, 2008.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and Sustainability: managing the biotic component of Soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, n.1, p.3-11, 2000.

GALVÃO, C. M.; MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P. Revisão Integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto e Contexto Enfermagem**, Vol. 17, n 4, p. 758-64, 2008.

GILLER, P. S. The diversity of soil communities, the 'poor man's tropical rainforest'. **Biodiversity & Conservation**, v. 5, p. 135-168, 1996.

GONGALSKY, K. B; ZAITSEV, A. S.; KOROBUSHKIN, D. I.; SAIFUTDINOV, R. A.; YAZRIKOVA, T. E.; BENEDIKTOVA, A. I.; GORBUNOVA, A. YU.; GORSHKOVA, I. A.; BUTENKO K. O.; KOSINA, N. V.; LOPYGINA, E. V.; KUZNETSOVA, D. M; RAKHLEEVA, A. A.; SHAKHAB, E. S. V. Diversity of the Soil Biota in Burned Areas (Tver Oblast) of Southern Taiga Forests. **Eurasian Soil Science**, Moscow, v. 49, p. 358-366, 2016.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **Eur. J. Soil Biol.**, v.42, p.13-15, 2006.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology.** 1st. ed. Amsterdam: Kluwer Scientific, p. 678, 2001.

LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil ecology.** Dordrecht: Kluwer Academic, p.654, 2001.

LEE, K.E. **The biodiversity of soil organisms.** Applied Soil Ecology, v.1, p.251-254, 1994.

LOUZADA, J.; ZANETTI, R. Bioindicadores. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L., editores. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal.** Lavras: UFLA, 2013. p. 139-168.

MARION, L. F. **Avaliação da qualidade do solo em propriedades agrícolas familiares em sistema de cultivo convencional e de bases ecológicas, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, RS, 2011.

MENDES, M. P.; DUARTE, M. N.; RODRIGUES, W. C. Levantamento de insetos com potencial bioindicador de qualidade ambiental em fragmento de floresta atlântica no estado do rio de janeiro. **Rev. entomology beginners**, v.1, p.1-15, 2020.

MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R. B.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, p.352, 2013.

NIVA, C. C.; BUCH, A. C.; CANTELLI, K. B; NIEMEYER, J. C.; BROWN, G. G. Fauna edáfica como indicadora de contaminação do solo. **Rev. Fertbio**. Maceió/Alagoas, 2012.

NUNES, J. S. **Atributos Biológicos do Solo de Áreas em Diferentes Níveis de Degradação no Sul do Piauí**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus - PI, 2010.

OLIVEIRA, F. L. C. I.; KLAUBERG, F. O.; BARETTA, D.; TANAKA, C. A. S.; SOUSA, J. P. Collembola community structure as a tool to assess land use effects on soil quality. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-18, 2016.

OLIVEIRA, F. L. C. I; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n.2, p. 69-77, 2014.

PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; AMORIM, T. A.; MENEZES, C. E. G. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de floresta atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 1317-1327, 2013.

POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B.; BIASI, J. P.; SIQUEIRA, S. F.; ROSA, M. G.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina – Brasil. **Revista Scientia Agrária**, v.17, n.1, p.42-51, 2016.

POMPEO, P. N.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Diversidade de Coleoptera (Arthropoda: Insecta) e atributos edáficos em sistemas de uso do solo no Planalto Catarinense. **Scientia agraria**, v.17, n.1, p.16-28, 2016.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1061-1068, 2009.

RIEFF, G. G. **Monitoramento de ácaros e colembolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade solo**. Dissertação de mestrado em Ciências do solo, Programa de Pós-graduação em ciências do solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio de Grande do Sul (59p) março de 2010.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZ, O.; HOEK, R. V. D.; PATRICK LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71-82, 2013.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v.44, n.4, p.499-512, 2014.

ROŻEN, A.; SOBCZYK, L.; LISZKA, K.; WEINER, J. Soil faunal activity as measured by the bait-lamina test in monocultures of 14 tree species in the Siemianice common-garden experiment, Poland. **Applied Soil Ecology**, v. 45, p. 160-167, 2010.

SCHLOTTER, M.; DILLY, O.; MUNCH, J. C. Indicators for evaluating soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 98, p. 255-262, 2003.

SOUZA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P. G.; AMARAL, A. A. Macrofauna do Solo. Enciclopédia Biosfera. **Centro Científico Conhecer**, v.11 n.22, p.1-15, 2015.

SILVA, D. A. A.; SILVA, D. M.; JACQUES, R. J. S.; ANTONIOLLI, Z. I. Bioindicadores de qualidade edáfica em diferentes usos do solo. Enciclopédia Biosfera. **Centro Científico Conhecer**, v.11 n.22, p.1-12, 2015.

SILVA, D. C.; PEREIRA, J. M.; ORTIZ, D. C.; OLIVEIRA, L. C. I.; PINTO, L. V. A.; BARETTA, D. Fauna edáfica como indicadora de qualidade do solo em fragmentos florestais e área sob cultivo do cafeeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p.14795-14816, 2020.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p. 195-276.

WINK, C.; GUEDES, J. V. C.;2, FAGUNDES, C. K.;3, ROVEDDER, A. P. Insetos Edáficos Como Indicadores da Qualidade Ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages**, v.4, n.1, p. 60-71, 2005.

ZAMONER, M. **Biologia Ambiental**. Curitiba: Prottexto,432 p. 2007.

ZAGATTO, M. R. G. **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa – PR**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo - Solo e Ambiente) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Recebido : 25 de fevereiro de 2023.

Aprovado: 30 de novembro de 2023.

Publicado: 1 de janeiro de 2024.

Autoria:

André Ribeiro Manuiama

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: andremanuh07@gmail.com

Breve currículo: Biólogo, discente do programa de pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM),

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0448-1000>

País: Brasil

Rosineide Campos Chaves

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: n-eide-pvh@hotmail.com

Breve currículo: Bióloga, discente do programa de pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2152-1900>

País: Brasil

Felipe Sant' Anna Cavalcante

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

E-mail: felipesantana.cavalcante@gmail.com

Breve currículo: É formado em Ciências Biológicas (Bacharelado e Licenciatura) pelo Centro Universitário São Lucas (UNISL) em Porto Velho-RO (2018). Especialista em Metodologia do Ensino Superior pelo UNSL (2019). Mestre em Ciências Ambientais do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) da Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2020), Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPGCASA/ UFAM (2021).

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3765-9218>

País: Brasil

Renato Abreu Lima

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá, Amazonas

E-mail: renatoal@ufam.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0006-7654>

País: Brasil