

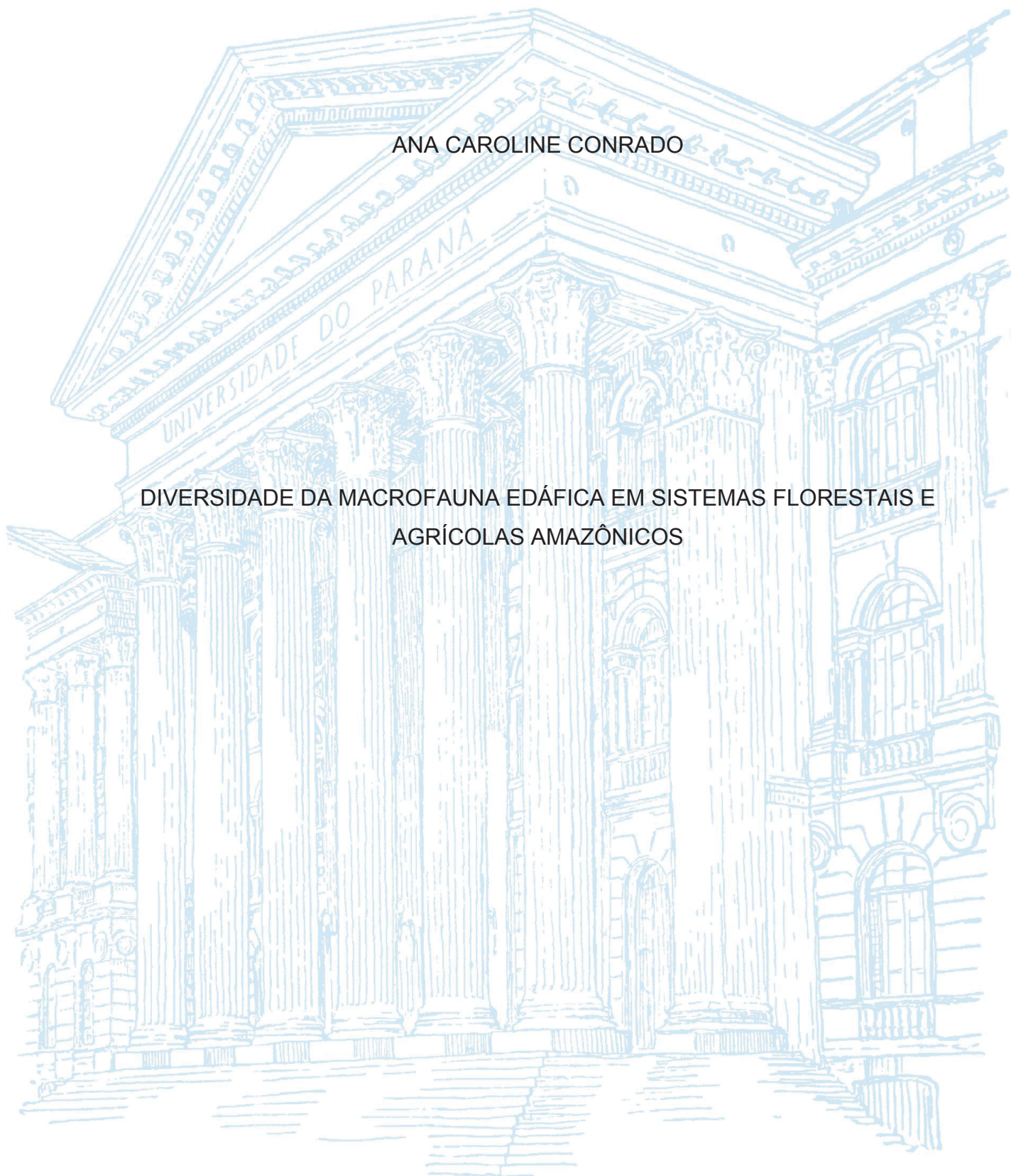
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANA CAROLINE CONRADO

DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS FLORESTAIS E
AGRÍCOLAS AMAZÔNICOS

CURITIBA

2018



ANA CAROLINE CONRADO

DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM SISTEMAS FLORESTAIS E
AGRÍCOLAS AMAZÔNICOS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Dr. George Gardner Brown

Coorientador: Dr. Luis Cunha

CURITIBA

2018

C754d

Conrado, Ana Caroline

Diversidade da macrofauna edáfica em sistemas florestais e agrícolas amazônicos / Ana Caroline Conrado. - Curitiba, 2018. 124 f.: il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

Orientador: George Gardner Brown

Coorientador: Luis Cunha

1. Solos - Amazônia. 2. Solos - Tipos. 3. Minhocas (Biologia do solo). 4. Diversidade genética. 5. Solos florestais - Amazônia. I. Brown, George Gardner. II. Cunha, Luis. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDU 631.445.7(811.3)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS DO SOLO

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS DO SOLO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANA CAROLINE CONRADO** intitulada: **Diversidade da macrofauna edáfica em sistemas florestais e agrícolas amazônicos**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 19 de Fevereiro de 2018.

GEORGE GARDNER BROWN

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

FABIANE MACHADO VEZZANI

Avaliador Interno (UFPR)

LUIS/FILIFE DAS NEVES CUNHA

Avaliador Externo (UAç)

Aos meus pais Edson Luis Conrado e Rosimar Conrado, minha irmã Juliana Conrado, meus orientadores George Brown e Luis Cunha e meus amigos Talita, Jéssica e Mario Junior que me apoiaram em todos os momentos e que são os maiores incentivadores da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Rosimar e Edson, pelo carinho, apoio e suporte em todos os momentos.

Aos meus orientadores George e Luis, pela atenção, disponibilidade e paciência, bem como por seus ensinamentos, me guiando e estimulando em todos os momentos do meu trabalho.

Aos taxonomistas Samuel W. James Marie Bartz, Agno Nonato Serrão Acioli e Alexandre Ferreira pelo apoio e dedicação a pesquisa.

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo pela oportunidade para realizar o curso de mestrado.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação Araucária e CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de laboratório, que sempre me auxiliaram e compartilharam conhecimentos em todos os momentos.

Aos membros da equipe TPInetwork, pelo conhecimento e auxílio nas coletas.

Às instituições envolvidas: Embrapa Florestas e Cardiff University pelo apoio e auxílio na realização das atividades do mestrado.

Enfim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para esse trabalho.

RESUMO

A Amazônia se apresenta como um celeiro da biodiversidade mundial, tendo grande parte dessa relacionada com o solo. Em seu território são encontradas manchas de solo de coloração preta ou marrom escura com presença de cerâmica e carvão e que diferem quimicamente dos solos da região. Esses solos são chamados de “Terra Preta Arqueológica” ou “Terra Preta de Índio” (TPI). Esses solos são altamente férteis e foram criados por atividades humanas ao longo do tempo e são encontrados em toda a Amazônia. Com cada vez mais floresta sendo desmatada gerou-se uma crescente preocupação para com a manutenção da biodiversidade associada. O impacto humano nos ecossistemas pode ser avaliado através de indicadores ambientais e os invertebrados do solo são uma excelente opção para desempenhar essa tarefa. Assim, objetivo do presente trabalho é analisar o impacto da presença humana recente e histórica sobre a biodiversidade da macrofauna edáfica em solos antrópicos amazônicos, tendo em vista que esses animais são importantes para a qualidade dos solos. Amostras foram coletadas em três regiões da Amazônia (Iranduba, Belterra e Porto Velho), em diferentes usos do solo (agricultura, capoeira e floresta) e em solos com TPI e em solos referência adjacentes. Nesse trabalho os resultados são apresentados em dois capítulos, sendo que no primeiro, foi avaliada a influência da macrofauna do solo comparando a sua diversidade e riqueza entre os sistemas de uso do solo recente e o sobre o uso histórico do solo. Já no capítulo seguinte, utilizou-se a técnica de DNA barcoding para avaliar a diversidade de minhocas usando a diversidade genética como indicador discriminante entre unidades taxonômicas em diferentes tipos e usos do solo. Concluiu-se que a macrofauna dos solos com Terra Preta de Índio apresentaram uma identidade única e divergente das áreas referência adjacentes.

Palavras-chave: Amazônia chave 1. Macrofauna do solo 2. Terra Preta de Índio 3. minhocas 4. diversidade genética 5.

ABSTRACT

The Amazon is considered to be the barn of the world's biodiversity, with most of these related to the soil. Throughout its territory, black or dark brown patches of highly fertile soil are found, usually with presence of pottery sherds and charcoal, and that differ chemically from the soils of the region. This type of soils is called "Archaeological Black Earth" or "Amazonian Dark Earth" (ADE). With an unceasing rate of deforestation, there is growing concern about the maintenance of associated biodiversity, and there is a need to use environmental bioindicators to assess the impact of deforestation in the biodiversity and, in this context, soil invertebrates is considered excellent bioindicators. Thus, the objective of the present work was to analyse the impact of the recent and historical human presence on the biodiversity of edaphic macrofauna in Amazonian anthropic soils, considering that these animals are essential for soil quality. Samples were collected in three different regions of Amazonia (Iranduba, Belterra and Porto Velho), in different soil uses (Agriculture, young and old forests) and on soils with TPI and adjacent reference soils. In this work, the results are presented in two chapters. The first one, evaluated the diversity and richness of the macrofauna of the soil between the systems of contemporary land use and the one about the historical use of the soil. In the second chapter, DNA barcoding technique was used to verify the genetic diversity of earthworms in different types and use of the soil using molecular operational taxonomical units (MOTUs). It was concluded that the macrofauna of the soils with ADE showed to have a unique and divergent identity of the adjacent reference areas.

Keywords: Amazonia 1. Soil fauna 2. Amazonian Dark Earths 3. earthworms 4. Genetic diversity 5.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	16
2 CAPÍTULO I: DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM TERRA PRETA DE ÍNDIO E SOLOS ADJACENTES NA AMAZÔNIA.....	20
2.1 RESUMO.....	20
2.2 ABSTRACT	20
2.3 INTRODUÇÃO	21
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	23
2.4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	23
2.4.2 MÉTODO DE COLETA	23
2.4.3 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA.....	24
2.4.4 ANÁLISE DE DADOS.....	25
2.5 RESULTADOS	27
2.6 DISCUSSÃO	38
2.6.1 FAUNA TOTAL DO SOLO	38
2.6.2 ENGENHEIROS DO SOLO.....	39
2.6.3 PREDADORES	40
2.6.4 DENTRITÍVOROS E HERBÍVOROS.....	41
2.6.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	41
2.6.6 ESPÉCIES INDICADORAS.....	42
2.7 CONCLUSÕES	44
2.8 REFERÊNCIAS.....	44
3 CAPÍTULO II: DIVERSIDADE DE MINHOCAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS AMAZÔNCOS IDENTIFICADA USANDO O CÓDIGO DE BARRAS DO DNA	50
3.1 RESUMO.....	50
3.2 ABSTRACT	50
3.3 INTRODUÇÃO	51
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	53
3.4.2 COLETA DAS MINHOCAS	54
3.4.3 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA.....	55

3.4.4 EXTRAÇÃO, AMPLIFICAÇÃO E SEQUENCIAMENTO DE DNA	55
3.4.5 ANÁLISE DE DADOS.....	56
3.5 RESULTADOS	58
3.5.1 DNA BARCODING E RIQUEZA DE MINHOCAS.....	58
3.5.2 ÍNDICES DE DIVERSIDADE.....	62
3.5.3 ESPÉCIES INDICADORAS.....	63
3.6. DISCUSSÃO	63
3.7 CONCLUSÕES	66
3.8 REFERÊNCIAS.....	66
4 CONCLUSÃO GERAL.....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
6 REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE 1 – MORFOESPÉCIES ECONTRADAS NAS ÁREAS DE ESTUDO*.....	88
APÊNDICE 2 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON DIPLURA PRESENTE NAS ÁREAS AVALIADAS.....	106
APÊNDICE 3 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON GASTRÓPODA	107
APÊNDICE 4 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON CHILOPODA	108
APÊNDICE 5 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON COLEOPTERO ADULTO	109
APÊNDICE 6 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON COLEOPTERO LARVA.....	110
APÊNDICE 7 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON ISOPODA.....	111
APÊNDICE 8 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON OPILIONES.....	112
APÊNDICE 9 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON ORTHOPTERA	113
APÊNDICE 10 – DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON PSEUDOESCORPIONES	114
APÊNDICE 11 – NÚMERO DE MOTUS, A ESPÉCIE DE ACORDO COM A TAXONOMIA E AS ÁREAS* ONDE FORAM ENCONTRADOS.....	115
APÊNDICE 12 – MOTUS ENCONTRADAS NAS ÁREAS ESTUDADAS*	123

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Amazônia representa um terço das florestas tropicais do mundo, cobrindo aproximadamente 4,2 milhões de km² (IBGE, 2004; Conti et al., 1998). Estima-se que albergue 13% da biota mundial, sendo 68% destes invertebrados e com um grande número de espécies associada ao solo (Lewinsohn e Prado, 2005). Ainda que a Amazônia apresente essa elevada biodiversidade, ainda existe uma grande quantidade de espécies novas a serem descobertas e descritas.

Em grande parte de sua área, a Amazônia apresenta um clima quente e úmido e elevada precipitação anual, características que favorecem a formação de Latossolos e Argissolos os quais estão presentes em 75% do território amazônico (Sanchez et al., 1982). No entanto, em alguns locais deste bioma, são encontradas manchas de solo com coloração preta ou marrom escura com presença de cerâmica e carvão e que diferem quimicamente dos solos da região. Esses solos são chamados de “Terra Preta Arqueológica” ou “Terra Preta de Índio” (TPI).

As TPIs estão concentradas na região da Amazônia Central e no alto Xingu, ocupando uma área estimada de 154.063 km² ou 3,2% da floresta total (McMichael et al., 2014). Esse tipo de solo retrata um importante registro de ocupação humana por populações pré-colombianas (Neves et al., 2003; Glaser 2007; Kern, 2003; McMichael et al., 2014). As TPIs apresentam elevadas taxas de nutrientes, principalmente fósforo e cálcio, e altos teores de matéria orgânica do solo, atuando também como reservatórios de carbono, tendo sido proposto como modelo a seguir para uma agricultura sustentável e altamente produtiva (Glaser e Birk, 2012).

Sendo assim, a Amazônia se apresenta como um celeiro da biodiversidade mundial e, apesar de evidências da diminuição do desmatamento ao longo dos anos, grandes áreas de floresta continuam sendo derrubadas anualmente. De agosto de 2015 a julho de 2016 foram desmatados mais de 7.800 km², e aproximadamente 60% dessa área foi convertida em agricultura, gerando preocupação mundial (INPE, 2017). Essa mudança na paisagem causa um grande impacto na biodiversidade, podendo levar ao desaparecimento de espécies mais sensíveis. Dessa forma, o destino de muitas espécies amazônicas dependerá da sua resistência à perturbação e sua capacidade de permanência em paisagens fragmentadas (Laurance et al., 2001; Barber et al., 2014).

Nesse contexto, devem-se realizar estudos de equilíbrio ambiental, sendo os organismos da macrofauna do solo considerados excelentes bioindicadores. Estes animais são sensíveis a modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas que ocorrem no meio, além de desempenhar papéis fundamentais nos processos do ecossistema. Sua atividade no solo gera importantes serviços ecossistêmicos, incluindo a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, o sequestro de Carbono, a estruturação do solo, afetando a infiltração e escoamento de água e a capacidade de retenção no solo, a erosão e a pedogênese, a dispersão de sementes, a polinização e a produtividade vegetal, entre outros (Wink et al., 2005; Cordeiro et al., 2004; Lavelle et al., 2006; Brown et al., 2015).

Na região Amazônica, diversos trabalhos já foram realizados com macrofauna do solo, evidenciando os impactos de diferentes usos do solo sobre suas populações e diversidade (Barros et al., 2008). Contudo, até o momento, não foram avaliadas as populações de fauna edáfica em TPIs na Amazônia. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar o impacto da presença humana recente e histórica sobre a biodiversidade da macrofauna edáfica em solos antrópicos amazônicos, tendo em vista que esses animais são importantes para a qualidade dos solos.

1.1 REFERÊNCIAS

- BARBER, C.P.; COCHRANE, M.A.; SOUZA, Jr. C.M. ; LAURANCE, W.F. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **Biological conservation**, v. 177, p. 203-209, 2014.
- BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, S.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L.(ed.). **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras, UFLA; 2008. p.171-191.
- BROWN, G.G.; NIVAN, C.C.; ZAGATTO, M.R.G.; FERREIRA, S.D.A.; NADOLNY, H.S.; CARDOSO, G.B.X; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.A.; PASINI, A.; BARTZ, M.L.C.; SAUTTER, K.D.; THOMAZINI, M.J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z.I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; SOUSA, J.P.; CARVALHO, F.. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: ARRON L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 122-154.

CONTI, J.B.; FURLAN, A.S.; SCARLATO, S. **Clima e o meio ambiente**. 3ª. Ed. São Paulo: Atual, 1998.

CORDEIRO, F.; DIAS, F.C.; MERLIM, A.O.; CORREIA, M.E.F.; AQUINO, A.M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 24, p. 29-34, 2004.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (“terra preta de Índio”). **Geochimica et Cosmochimica acta**, v. 82, p. 39-51, 2012.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: [http:// https://ww2.ibge.gov.br/21052004biomashtml.shtm](http://https://ww2.ibge.gov.br/21052004biomashtml.shtm). Acesso em: 30 de novembro 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite**. Disponível em: www.obt.inpe.br/prodes; Acessado em: 22 de novembro 2017.

KERN, D.C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZAO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P.; NEVES, E.G. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WODOS, W.I. (ed.). **Amazonian Dark Earths**. Dordrecht, Springer; 2003. p. 51-75.

LAURANCE, W.F.; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. Environment: the future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, n. 5503, p. 438-439, 2001.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European journal of soil biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LEWINSOHN, T.M.; PRADO, P.I. How many species are there in Brazil? **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.

MCMICHAEL, C.; PALACE, M.; BUSH, M.; BRASWELL, B.; HAGEN, S.; NEVES, E.; SILMAN, M.; TAMANAHA, E. E.; CZARNECKI, C. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1777, p. 20132475, 2014.

NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N.; da SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WODOS, W.I. (ed.). **Amazonian Dark Earths**. Dordrecht, Springer; 2003. p. 29-50.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v. 216, n. 4548, p. 821-827, 1982.

WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

2 CAPÍTULO I: DIVERSIDADE DA MACROFAUNA EDÁFICA EM TERRA PRETA DE ÍNDIO E SOLOS ADJACENTES NA AMAZÔNIA

2.1 RESUMO

Os invertebrados do solo realizam diversas funções e contribuem para a provisão de importantes serviços ecossistêmicos. Além disso, por ser sensível a mudanças no solo impostas por práticas antrópicas, a fauna edáfica pode ser usada como bioindicadora da qualidade do ambiente edáfico e da sustentabilidade dos sistemas de produção. No bioma megadiverso da Amazônia, encontram-se muitas manchas de Terra Preta de Índio (TPI), solos antrópicos altamente férteis gerados por atividades pré-colombianas, mas não existem dados sobre a macrofauna edáfica nesses solos. Portanto, o presente trabalho avaliou as populações e diversidade da fauna edáfica em áreas com TPI e solos adjacentes, sob diversos tipos de vegetação, visando elucidar o impacto de perturbações antrópicas recentes e históricas. Coletou-se a macrofauna edáfica manualmente de monólitos (n= 5) seguindo a metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), em três regiões (Iranduba, Belterra e Porto Velho) e em diferentes usos do solo (Agricultura, Capoeira e Floresta) sob solo de TPI e em solos referência adjacentes. As morfoespécies de invertebrados do solo e da liteira coletados foram identificados ao nível taxonômico de grande grupo, Ordem, Família ou Classe, e separados em grupos funcionais (predadores, engenheiros, detritívoros e herbívoros). Calcularam-se os índices de diversidade de Shannon, Pielou, a Dominância, a riqueza estimada de Chao 1 e o valor de indicação das morfoespécies usando Indval. As médias de diversidade total e de cada grupo funcional, comparadas usando análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p>0,05$) mostraram que as áreas agrícolas tiveram menor diversidade que as áreas de capoeira e floresta antiga, confirmando que o uso recente e intensivo do solo influencia negativamente a macrofauna edáfica e sua funcionalidade no solo. Em total encontraram-se 27 grupos de macrofauna separados em 738 morfoespécies, com predominância de Formicidae (155), Coleoptera (149), Aranae (85), Diplopoda (53), Hemiptera (42) e Isoptera (37). Uma alta proporção das morfoespécies de cada grupo principal foi encontrada somente nas áreas de TPI, mostrando que esse solo possui uma comunidade específica de fauna, que é distinta das áreas adjacentes.

Palavras-chave: macroinvertebrados do solo 1. Bioindicadores 2. TPI 3.

2.2 ABSTRACT

Soil invertebrates perform several functions and contribute to the provision of important ecosystem services. Furthermore, because they are sensitive to changes in soils imposed by anthropic practices soil macrofauna can be used as bioindicators of soil quality and the sustainability of production systems. In the megadiverse Amazonian biome there are many patches of Amazonian Dark Earth (ADE), highly fertile anthropic soils created by Pre-Columbian human activities, but very little is known of the soil fauna that lives in these soils. Therefore, the present study aimed to evaluate soil macrofauna populations and diversity in ADEs and adjacent soils under different vegetation types and elucidate the impact of recent and historical

anthropic disturbances. Soil macrofauna were collected from monoliths (n=5) following the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) method, in three regions (Iranduba, Belterra and Porto Velho) and in different land uses (Agriculture, Capoeira and Floresta) under ADE and adjacent reference soils. All morphospecies of soil and litter macroinvertebrates were identified at the taxonomic level of major groups, Orders, Families or Classes and separated into functional groups (predators, engineers, detritivores and herbivores). Diversity indices of Shannon, Pielou, Dominance, Simpson, Chao 1 richness estimator and the Species Indication Value (Indval) were calculated. Total mean taxon diversity and that of functional groups compared by analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test ($p > 0.05$) showed that agricultural areas had lower diversity than capoeira and old forests, confirming that recent and intensive soil use negatively affects macrofauna and their functionality in soils. A total of 27 main soil macrofauna groups separated into 738 morphospecies were found, with predominance of Formicidae (155), Coleoptera (149), Araneae (85), Diplopoda (53), Hemiptera (42) and Isoptera (37). A high proportion of the morphospecies of each main group was found only in ADEs highlighting the unique biological footprint of these soils compared with adjacent areas.

Keywords: soil macroinvertebrates 1. bioindicators 2. ADE 3.

2.3 INTRODUÇÃO

Os solos Amazônicos são considerados, em sua maioria, ácidos e pobres para a agricultura (Sanchez et al., 1982). No entanto, em alguns locais é possível encontrar solos com uma coloração preta ou marrom escura, normalmente contendo pedaços de cerâmica, os quais diferem quimicamente dos anteriormente citados e que são comumente chamados de Terra Preta Arqueológica ou Terra Preta de Índio (TPI). Este tipo de solo se apresenta como um importante registro da ocupação humana por populações pré-colombianas (Neves et al., 2003; Glaser 2007; Kern, 2003; McMichael et al., 2014).

A presença de Terra Preta de Índio é observada ao longo da Amazônia, mas estão concentradas na região Central e no Alto Xingu, cobrindo uma área estimada de 154.063 km² ou 3,2% da floresta amazônica (McMichael et al., 2014). As TPIs apresentam elevadas taxas de nutrientes, principalmente fósforo e cálcio, e altos teores de matéria orgânica do solo, atuando também como reservatórios de carbono (Glaser e Birk, 2012). Elas foram formadas como resultado de assentamentos permanentes e de práticas de cultivo (Woods e McCann 1999; Neves et al., 2003), que foram abolidas com a chegada dos europeus e a adoção de ferramentas de aço (Myers et al., 2003). Esses solos representam locais especialmente interessantes para o desenvolvimento da agricultura por sua alta fertilidade, mas também representam potenciais manchas de biodiversidade diferente dos solos típicos da

região. Por exemplo, O'Neill et al.(2009) mostraram como a composição de bactérias em Terra Preta de Índio foi distinta do solo adjacente. Contudo até o momento, não foram feitos estudos sobre o efeito deste solo sobre a macrofauna edáfica.

O solo representa um importante componente da biosfera não somente para a produção vegetal, mas também como um habitat para grande parte da biodiversidade global, sendo assim responsável pela manutenção da qualidade ambiental. Os animais do solo podem representar até 23% da diversidade total de organismos vivos descritos até presente momento (Decaëns et al., 2006). Estes animais realizam diversas funções no solo, e contribuem para a provisão de importantes serviços ecossistêmicos, incluindo a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, o controle biológico, a dispersão de sementes, a polinização e a produtividade vegetal, além da pedogênese e a dinâmica de água e gases no solo (Brown et al., 2015; Lavelle et al., 2006). Além disso, por ser sensível a mudanças no solo impostas por práticas antrópicas, a fauna edáfica pode ser usada como bioindicadora da qualidade do solo e da sustentabilidade dos sistemas de produção (Baretta et al., 2011; Lavelle et al., 2006).

Muitos trabalhos têm utilizado as comunidades da fauna do solo em geral, ou alguns representantes específicos da mesma como bioindicadores ambientais (Wink et al., 2005; Lavelle et al. 2006). Por exemplo, Dunxião et al. (1999) mostram que elevados teores de P, K e matéria orgânica favorecem a presença de formigas e diplópodes no solo, dado que essas características estão relacionadas com o crescimento de plantas, podendo então esses serem considerados como bioindicadores de propriedades do solo desejáveis em um ambiente agrícola. Já Milhomem et al. (2003) e Kromp (1999) demonstram que os coleópteros podem ser indicadores de temperatura, aeração e umidade no solo. As minhocas têm sido amplamente usadas como bioindicadoras, e são bastante reconhecidas pelos agricultores como importantes para a fertilidade do solo (Schiedeck et al., 2009; Stellin et al., 2017; Piron et al., 2017).

A Amazônia abriga aproximadamente 13% da biodiversidade do planeta (Lewinsohn e Prado, 2005), mas esta está ameaçada pelos padrões de desenvolvimento passado e presente, impostos à região. Grandes áreas da Amazônia já foram convertidas para a agricultura, causando a fragmentação da paisagem, com alto custo negativo para a biodiversidade. As mudanças no uso do solo modificam a cobertura vegetal do local reduzindo, assim, a qualidade e a

quantidade do material orgânico presente, diminuindo a umidade e prejudicando as condições de sobrevivência de muitos organismos, como alguns grupos da macrofauna (Barros et al., 2003; Mathieu et al., 2009; Ruittta et al., 2012). Nesse sentido, Barros et al. (2008) sintetizou os trabalhos sobre macrofauna edáfica na Amazônia, e mostrou como a mudança no uso do solo, particularmente a conversão de florestas em áreas de produção agropecuária pode ter grandes impactos sobre as comunidades da fauna edáfica e o funcionamento do solo.

Contudo, não existem dados sobre as populações de macrofauna do solo em áreas com TPI. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a biodiversidade da macrofauna edáfica em solos de TPI e de áreas adjacentes, sob diferente vegetação e sistemas de uso da terra.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram coletadas amostras da macrofauna na Amazônia em três regiões com diferentes usos do solo (Floresta, Capoeira e Agropecuária) em solos com TPI e em áreas adjacentes (TABELA 1). Os solos dos locais foram classificados como Argissolos, Latossolos e Plintossolos conforme SiBCS (2013)

2.4.2 MÉTODO DE COLETA

Para a coleta das amostras, foram utilizados monólitos de solo de 25x25 cm, seguindo a metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) descrita por Anderson e Ingram (1993). Os monólitos foram subdivididos em quatro estratos sendo a liteira (quando presente), 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. A área útil de amostragem foi de 1 ha e a distância entre as amostras foi de pelo menos 30 m, sendo a coleta realizada em 5 pontos. A triagem da macrofauna foi feita no campo e os animais coletados armazenados em álcool etílico (96 %) para posteriormente serem identificados em laboratório.

TABELA 1- Descrição das áreas amostradas para a macrofauna do solo.

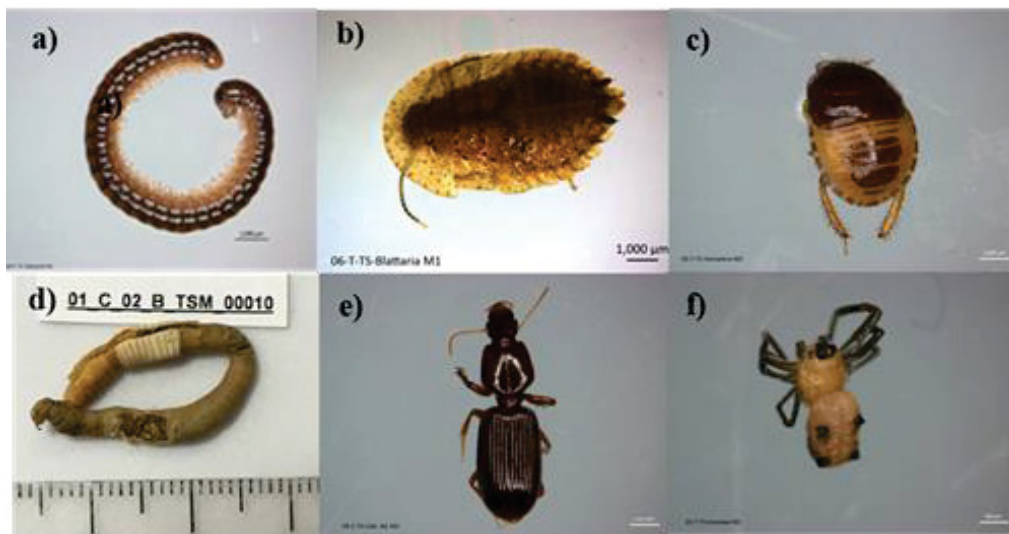
Região	Estado	Uso do Solo	Histórico de Uso do Solo	Tipo de Solo	Solo (SiBCS)	Coordenadas	
Iranduba	AM	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Argissolos	3°13'35"S	60°16'24"W
Iranduba	AM	Capoeira	< 20 anos	TPI	Argissolos	3°13'47"S	60°16'06"W
Iranduba	AM	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Argissolos	3°13'30"S	60°16'28"W
Iranduba	AM	Floresta	> 20 anos	TPI	Argissolos	3°13'47"S	60°16'06"W
Iranduba	AM	Agricultura	recente	Adjacente	Argissolos	3°14'49"S	60°13'29"W
Iranduba	AM	Agricultura	recente	TPI	Argissolos	3°15'08"S	60°13'45"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Latossolos	2°47'02"S	54°59'54"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	TPI	Latossolos	2°46'59"S	55°00'46"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Latossolos	2°41'13"S	54°55'01"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	TPI	Latossolos	2°41'05"S	54°55'06"W
Belterra	PA	Agricultura	recente	Adjacente	Latossolos	2°41'05"S	54°55'11"W
Belterra	PA	Agricultura	recente	TPI	Latossolos	2°41'05"S	54°55'08"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Argissolos	8°52'36"S	64°03'57"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	TPI	Argissolos	8°51'57"S	64°03'39"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Plintossolos	8°52'39"S	64°03'44"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	TPI	Plintssolos	8°51'51"S	64°03'46"W
Porto Velho	RO	Agricultura	recente	Adjacente	Argissolos	8°50'49"S	64°04'49"W
Porto Velho	RO	Agricultura	recente	TPI	Argissolos	8°51'02"S	64°04'42"W

FONTE: O autor (2018).

2.4.3 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA

Todos os invertebrados do solo e da liteira foram identificados ao nível taxonômico de Ordem, Família ou Classe, conforme seus nomes comuns (por exemplo, minhocas, formigas, gongôlos, lacraias, térmites, baratas, caracóis, besouros, aranhas, larva de mariposa, larva de mosca, escorpiões, cigarras, entre outros). Todos os principais táxons foram separados em morfoespécies por área, fotografados (FIGURA 1) e separados em morfoespécie por táxon.

FIGURA 1 – Algumas das morfoespécies encontradas nas áreas de estudo: a) Diplopoda b) Blattaria, c) Hemiptera, d) Oligochaeta, e) Coleoptero Adulto e f) Araneae.



FONTE: O autor (2018).

2.4.4 ANÁLISE DE DADOS

Na análise de dados, foi calculada a diversidade média de cada grupo, que corresponde ao número médio de morfoespécies encontradas por local amostrado. Usou-se o Diagrama de Venn para fazer a relação dos locais de coleta com o tipo e uso do solo. Contou-se o número total de cada morfoespécie, o número de espécies comuns e o número de espécies exclusivas.

Foram calculados os índices de diversidade de Shannon, Pielou, Dominância e estimador de riqueza Chao 1 utilizando o programa Past v. 3.17 (Hammer, 2017). As morfoespécies foram separadas em quatro grupos funcionais: Engenheiros do solo (Cupim, Formiga e Minhoca), Predadores (Araneae, Vespidae, alguns Coleopteros Adulto, Chilopoda, Neuroptera), Herbívoros (Hemiptetra, Larva de Lepidoptera, alguns Coleoptera Adultos, Orthoptera, Gastropoda) e Detritívoros (Diplopoda, alguns Coleopteros Adultos, Larva de Diptera, Blattaria, Amphipoda, Embioptera, Thysanura). Foi feita uma análise de variância (ANOVA) sendo aplicado o teste de Tukey ($p > 0,05$) para comparação de médias utilizando o programa Assistat v.7.7 (Silva e Azevedo, 2016) visando determinar diferenças significativas entre tratamentos (tipo de solo, TPI x Adjacente; tipo de uso do solo, Agricultura x Capoeira x Floresta; e a relação entre o tipo do solo e o uso do solo).

O programa R v.2.15.0 (R Development Core Team, 2004) foi empregado para realizar o Valor de Indicação de Espécie- Indval utilizando o pacote “labdsv” para avaliar qual dos táxons principais serviria melhor como indicador e também foi utilizado o pacote “vegan” para realizar uma análise dos componentes principais (ACP) para determinar o grau de correlação entre os grupos da fauna do solo e as áreas avaliadas.

2.5 RESULTADOS

Vinte e sete grandes grupos principais da macrofauna do solo foram identificados. Organismos não identificados foram agrupados na categoria “outros”. No total foram separados 738 morfoespécies (TABELA 2) dentro dos vinte e sete táxons principais. Para a diversidade média de cada táxon/grupo (TABELA 2) observou-se uma diferença significativa nos grupos Coleoptera total, Orthoptera, Blattaria, Formicidae, Diplopoda, Chilopoda, Pseudoescorpionida, Opiliones e Oligochaeta quanto ao uso do solo, onde as áreas de agricultura apresentaram uma menor diversidade de morfoespécies. Os grupos Orthoptera e Isoptera mostram-se diferentes em relação ao tipo do solo onde para Orthoptera houve uma maior diversidade de morfoespécies nas áreas de TPI diferentemente dos cupins onde as áreas adjacentes apresentaram uma maior diversidade de morfoespécies. Em relação ao número médio de morfoespécies encontradas nas áreas de estudo (TABELA 2) o uso do solo mostrou-se sensível onde às áreas agrícolas apresentaram uma menor quantidade de morfoespécies sendo essa então com uma menor diversidade total.

TABELA 2 – Número médio de morfoespécies encontradas por táxon em diferentes tipos e uso do solo, e o número total de morfoespécies encontradas.

Táxon, grande grupo (nome comum)	Agricultura ADJ	Agricultura TPI	Capoeira ADJ	Capoeira TPI	Floresta ADJ	Floresta TPI	Riqueza total
Hexapoda							
Coleoptera	8,3 b	5,3 b	13 ab	10,3 ab	10,3 a	17,3 a	149
Total*(Besouro)							
Neuroptera Larva (Formiga-Leão)	0	0	0	0	0	0,33	1
Hemiptera	3,7	1,3	1,7	3,7	3	3	42
Orthoptera (Grilo)	0 bB	0,3 bA	0 bB	0,3 bA	0,7 aB	2,3 aA	11
Diptera Larva (Larva de Mosca)	0	0	0,3	0	0,7	0,3	4
Blattaria (Barata)	0,7 b	0,3 b	2,3 a	0,17 a	3,7 a	2,7 a	34
Dermaptera (Tesourinha)	0,7	0,3	0	0	0,3	0,7	3
Diplura	0,7	0,7	2,3	1,7	2,3	1,3	17
Isoptera (Cupim)	13,3 a	0 b	9a	3,7 b	16,7 a	2 b	37
Formicidae (Formiga)	7 b	9,7 b	15 ab	14 ab	22,3 a	22,3 a	155
Vespidae (Vespa)	0,7	0	1	0	0,3	0	5
Lepidoptera Larva (Larva de mariposa)	0,3	0,3	0	0	0,3	0,3	4
Thysanoptera (Trips)	0,3	0	0	0	0	0	1
Embioptera	0	0	0	0,3	0	0	1
Myriapoda							
Diplopoda (Milipédia)	2,3 b	1,7 b	3a	7,7 a	4 ab	5,7 ab	53
Chilopoda (Centopéia)	0,7 b	1 b	3,7 ab	2,3 ab	3,3 a	5a	17
Paupoda	0	0	0	0	0	0,3	1
Chelicerata							
Scorpionida (Escorpião)	0	0	0	0	0,3	0,3	1
Araneae (Aranha)	3,7	3,3	5	5,3	7,3	7,3	85
Pseudoescorpionida	0,3 b	0 b	0,3 b	0 b	1a	1,7 a	8
Opiliones (Opilião)	0 b	0 b	2,7 a	1,7 a	2a	1,7 a	21
Solifugae	0	0	0,3	0	0	0	1
Uropygi	0	0	0	0,3	0,3	0	2
Crustacea							
Isopoda (Tatuzinho)	0,3	0,67	2,3	2	2	2,3	21
Annelida							
Oligochaeta (Minhoca)	1,3 b	2,3 b	3 ab	4,3 ab	6a	3,7 a	33
Hirudinea (Sangue-suga)	0	0	0	0,3	0	0	1
Molusca							
Gastropoda (Caracol)	0,7	0,7	0,7	1	1	2,7	16
Outros	0,3	0,7	0,7	1,7	0,3	1	14
Riqueza média total	38,3 b	28,57 b	66,3 ab	60,77 ab	88,1 a	82,23 a	
Riqueza total	137	86	199	194	265	253	738

FONTE: O autor (2018).

*-médias seguidas com letra igual na linha não diferem significativamente para o teste Tukey ($p>0,05$).

Segundo o estimador de riqueza de Chao 1 (TABELA 3) o número de morfoespécies coletadas em nossas amostras foi inferior ao número total previsto estar presente nas áreas, sendo encontrados 51,2% das espécies esperadas na Agricultura-ADJ, 65,2% na Agricultura-TPI, 40,5% na Capoeira-ADJ, 59% na Capoeira-TPI, 51,3% na Floresta-ADJ e 53,3% na Floresta-TPI. Isso se deve ao fato de que o índice leva em consideração as espécies únicas (indivíduos presentes apenas em um local) e “singletons” (apenas um indivíduo nas amostras) que foram altamente representativas nas nossas amostras (24% singletons e 45% únicas; APÊNDICE 1), principalmente para os predadores, já que esses não vivem em colônias como alguns dos grupos engenheiros do solo. Quando considerados todos os táxons (TABELA 3) o número de indivíduos encontrados nas áreas foi menor nas áreas agrícolas que nas áreas de capoeira e floresta, e essa apresentou uma menor diversidade (Shannon) que as florestas.

Observando os grupos funcionais (TABELA 3), os engenheiros foi o grupo que mais apresentou morfoespécies, seguido dos predadores e detritívoros e o menor número de morfoespécies foi observado para os herbívoros. Os engenheiros, predadores e detritívoros tiveram menor diversidade nas áreas agrícolas que capoeiras e florestas, enquanto para os herbívoros, houve diferença apenas no número médio de morfoespécies, sendo a riqueza menor na agricultura que nas áreas de floresta. Quanto ao tipo de solo, houve uma menor dominância dos predadores nas áreas adjacentes que em áreas de TPI.

TABELA 3- Número médio de morfoespécies, número de indivíduos, dominância, índices de diversidade (Shannon e Pielou) e estimador de riqueza Chao 1 de todos os grupos e dos grupos funcionais (Engenheiros do solo, Predadores, Herbívoros e Detritívoros) nos diferentes tipos e uso do solo.

	Agricultura ADJ	Agricultura TPI	Capoeira ADJ	Capoeira TPI	Floresta ADJ	Floresta TPI
Geral						
N° Morfoespécies	38,3 b	28,57 b	66,3 ab	60,77 ab	88,1 a	82,23 a
N ° Indivíduos	508 b	275,7 b	472 a	306 a	808,7 a	359,3 a
Dominância	0,17	0,41	0,19	0,08	0,19	0,07
Shannon	2,35 b	1,6 b	2,6 ab	3,2 ab	2,7 a	3,5 a
Pielou	0,7	0,5	0,6	0,78	0,6	0,8
Chao 1	68,9	44	155,6	109,5	152,7	158,8

TABELA 3- Continuação.

Engenheiros do solo						
	Agricultura ADJ	Agricultura TPI	Capoeira ADJ	Capoeira TPI	Floresta ADJ	Floresta TPI
Engenheiros do Solo						
N° Morfoespécies	11,7 b	12 b	23,7 ab	22 ab	35 a	28 a
N ° Indivíduos	437	235,7	403	194,7	726,7	220
Dominância	0,35 b	0,55 b	0,25 ab	0,16 ab	0,2373 a	0,15 a
Shannon	1,4 b	1,04 b	2a	2,2 a	2,09 a	2,4 a
Pielou	0,65	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7
Chao 1	14,5 b	24 b	31,7 ab	25,9 ab	58,2 a	47,5 a
Predadores						
# Morfoespécies	7 b	6 b	17,3 ab	11 ab	18,3 a	19,7 a
# Indivíduos	9 b	12,7 b	30,7 ab	30,3 ab	37,7 a	47 a
Dominância	0,19 b	0,28 a	0,11 b	0,27 a	0,12 b	0,14 a
Shannon	1,8 b	1,45 b	2,5 ab	1,7 ab	2,5 a	2,9 a
Pielou	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8
Chao 1	14,7 b	10 b	72 ab	19,4 ab	40,1 a	32,5
Detritívoros						
# Morfoespécies	8,3 b	5,7 b	13,3 a	18,7 a	15,3 a	18,7 a
# Indivíduos	31 b	11,7 b	26,7 ab	58,7 ab	27 a	38,7 a
Dominância	0,35 b	0,3 b	0,14 a	0,2 a	0,09 a	0,09 a
Shannon	1,45 b	1,5 b	2,3 a	2,3 a	2,5 a	2,7 a
Pielou	0,7 b	0,9 b	0,9 ab	0,8 ab	0,9 a	0,9 a
Chao	16,9	11,3	34,7	28,7	24,4	33,2
Herbívoros						
# Morfoespécies	4,3 b	2,3 b	2,3 ab	5 ab	4,7 a	8a
# Indivíduos	21,7	12,3	2,7	10,3	9,7	24
Dominância	0,44	0,8	0,2	0,3	0,3	0,27
Shannon	1,1	0,4	0,8	1,4	1,3	1,655
Pielou	0,7	0,25	0,65	0,9	0,871	0,8
Chao 1	5,5	2,7	4,5	9,5	10,7	12,3

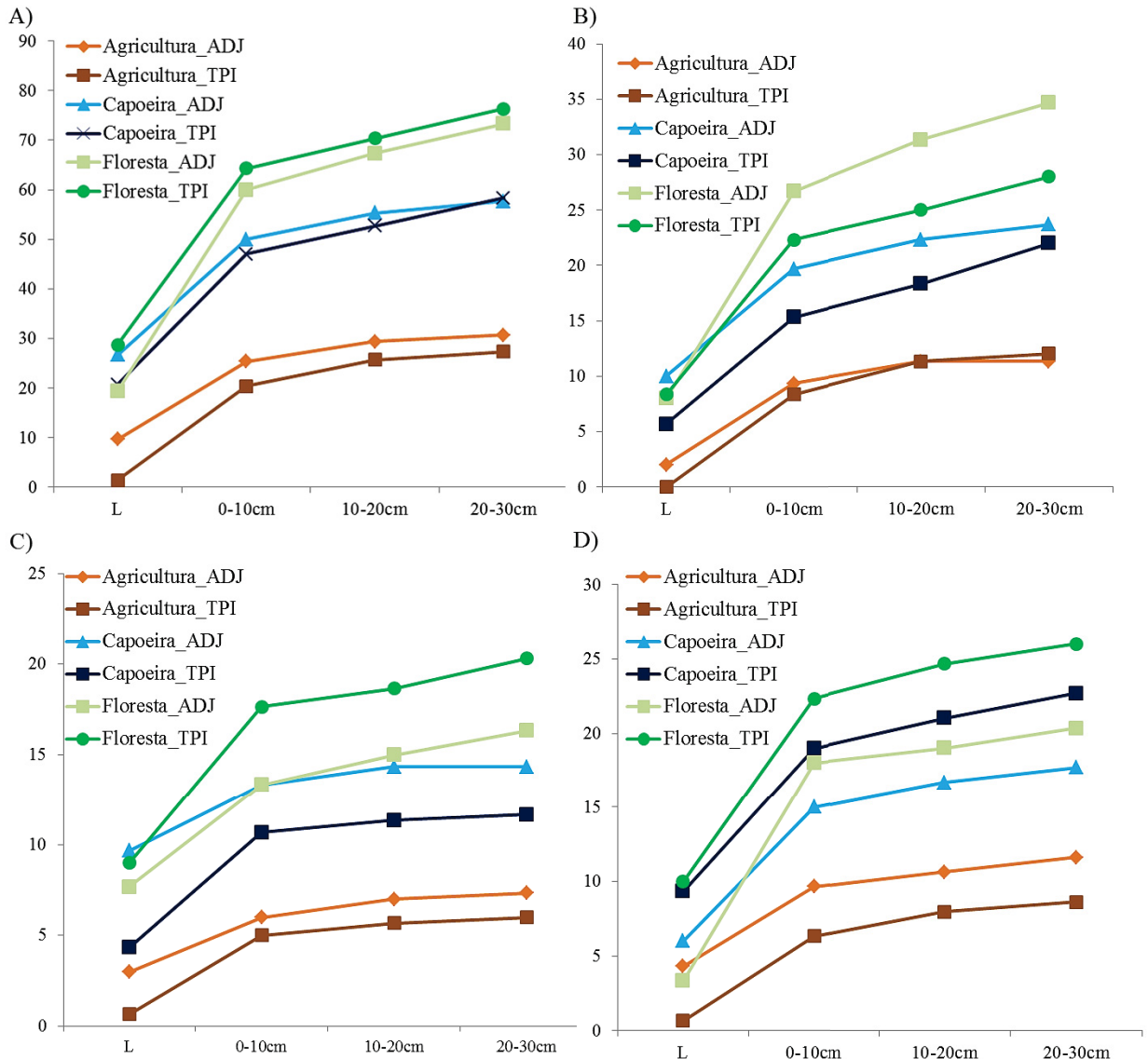
FONTE: O autor (2018).

*-médias seguidas com letra igual na linha não diferem significativamente para o teste Tukey ($p>0,05$).

A curva de acúmulo de espécies em profundidade mostrou que a maioria das morfoespécies estavam presentes nas primeiras camadas do solo, havendo pouco acréscimo nas camadas mais profundas. As áreas agrícolas tiveram menor aporte de espécies nas camadas mais profundas do solo, independentemente do

grupo funcional. Para o grupo dos predadores, em ambos os tipos e uso do solo, a maioria das morfoespécies estão presentes nas áreas mais superficiais do solo. Os engenheiros do solo foram o grupo funcional que mais apresentou morfoespécies nas camadas mais profundas do solo.

FIGURA 1- Número acumulado de morfoespécies em diferentes profundidades em cada tipo e uso do solo onde: A) todas as morfoespécies encontrados; B) morfoespécies do grupo dos engenheiros do solo; C) morfoespécies do grupo dos predadores; e D) morfoespécies do grupo dos herbívoros e detritívoros

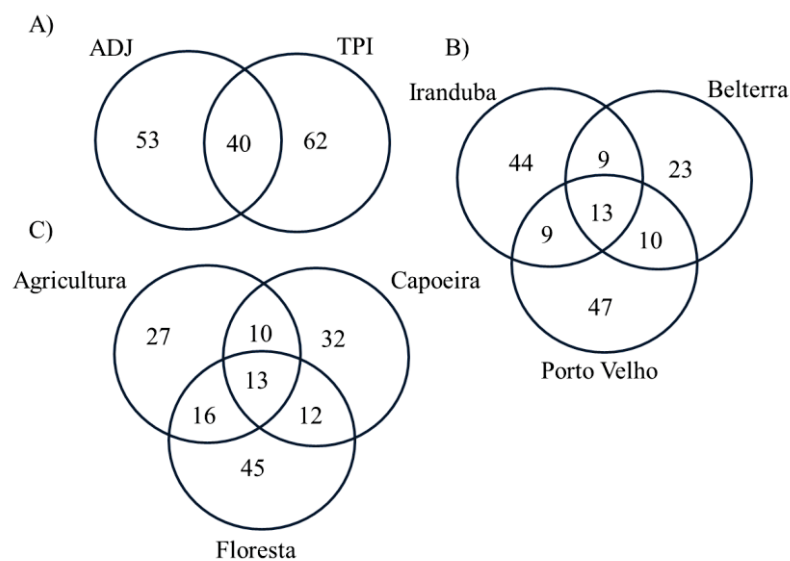


FONTE: O autor (2018).

Os diagramas de Venn (FIGURA 2,3 e 4) mostraram que as morfoespécies dos engenheiros do solo foram afetadas pelo tipo de solo e pela região. Para as formigas, apenas 26% (FIGURA 1-A) das morfoespécies estiveram presentes em ambos os tipos de solo e 8,5 % das morfoespécies estiveram presentes em ambos

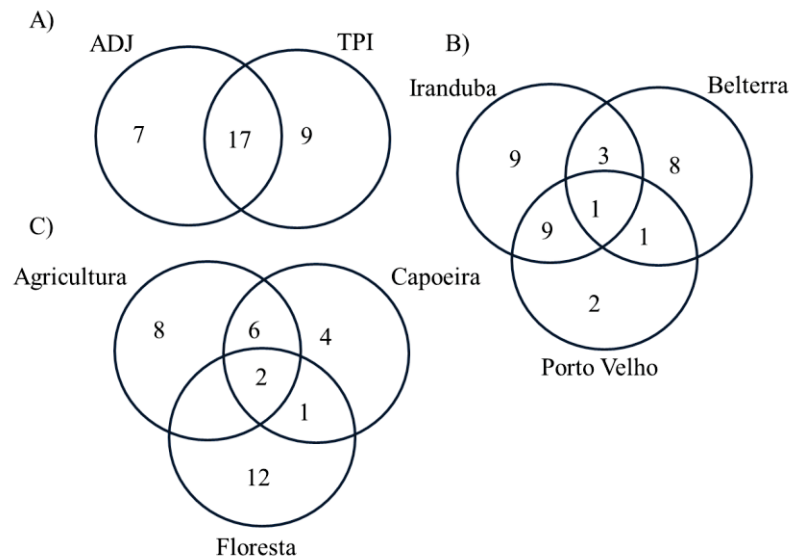
os sistemas de uso e ambas as regiões (FIGURA 2-B, C), mostrando uma sensibilidade desse grupo a mudanças no ambiente, esse táxon apresentou um maior número de morfoespécies na agricultura. Para as minhocas, 51 % das morfoespécies estiveram presentes em ambos os tipos de solo (FIGURA 3-A), 6% em ambos os usos do solo (FIGURA 3-B) e 3% em ambas as regiões (FIGURA 3-C), revelando que esse grupo se apresenta mais sensível ao uso do solo e as regiões que ao tipo de solo. Os cupins apresentaram 19% das morfoespécies presentes em ambos os tipos de solo, 6% em ambos os uso do solo e 3% em ambas as regiões, mostrando que esse grupo é muito sensível as mudanças no solo. Tanto para os cupins quanto para as minhocas, as áreas de floresta foram as que apresentaram um maior número de morfoespécies.

FIGURA 2- Diagrama de Venn dos morfotipos do táxon Formicidae presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).



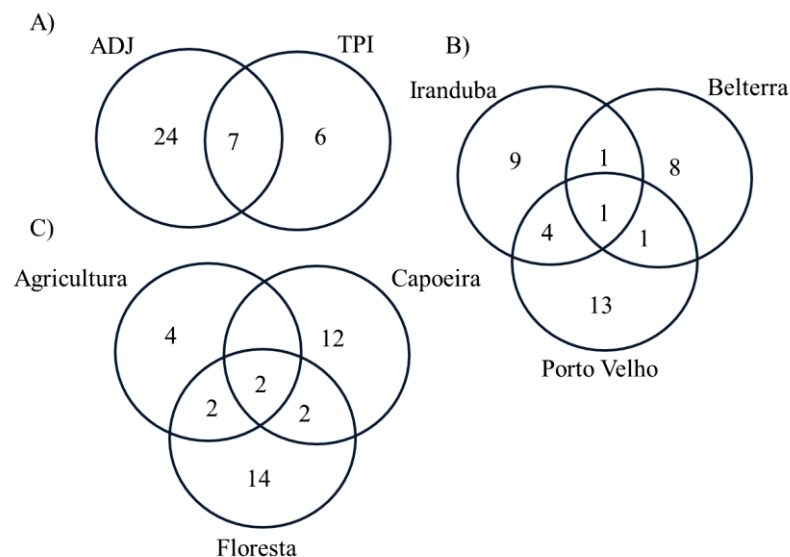
FONTE: O autor (2018).

FIGURA 3- Diagrama de Venn dos morfotipos de minhocas presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).



FONTE: O autor (2018).

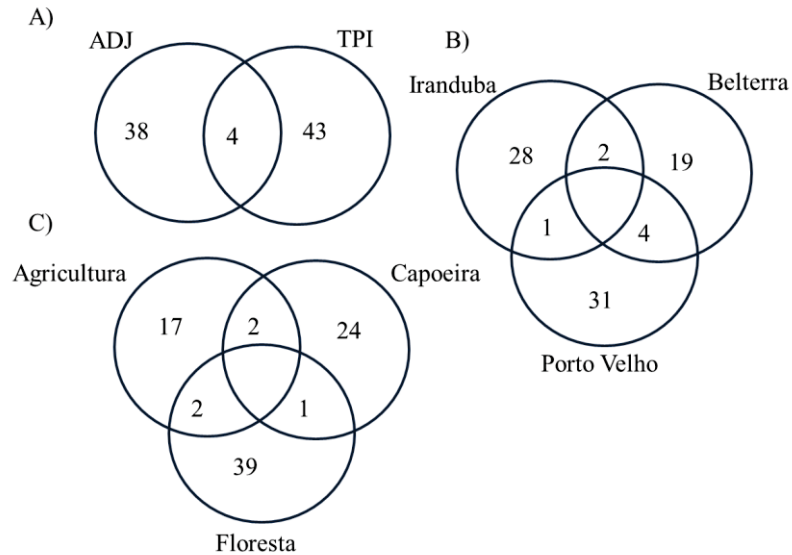
FIGURA 4- Diagrama de Venn dos morfotipos dos cupins presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).



FONTE: O autor (2018).

Araneae foi o grupo que mais representou os predadores em quantidade de morfoespécies (TABELA 2). Apenas 5% das morfoespécies desse grupo foram observados em ambos os tipos do solo (FIGURA 5 - A) e nenhuma entre os usos do solo e regiões (FIGURA 5 – B, C).

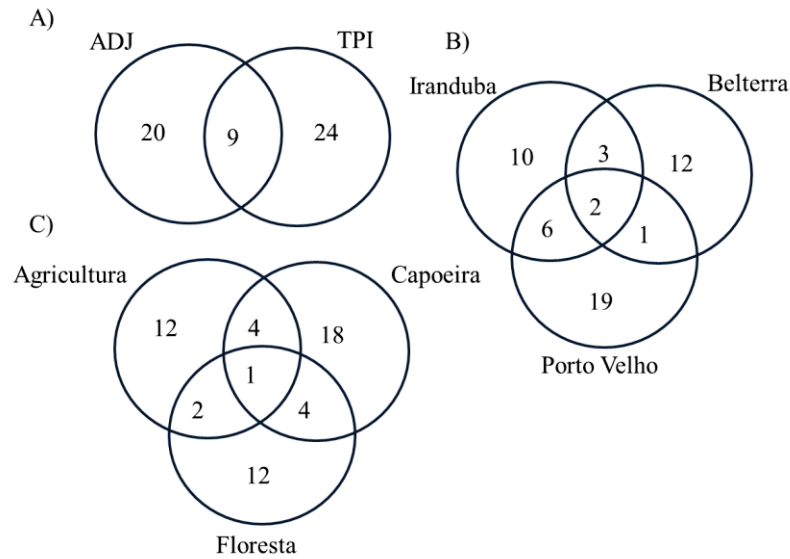
FIGURA 5- Diagrama de Venn dos morfotipos de aranhas presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).



FONTE: O autor (2018).

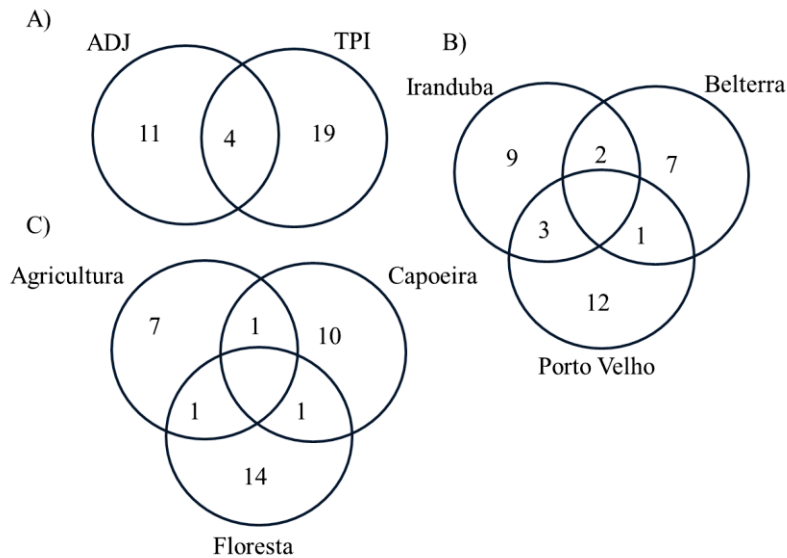
Para os detritívoros, os táxons Diplopoda e Blattaria apresentaram uma maior quantidade de morfoespécies que os demais deste grupo funcional (TABELA 2). Para os diplopodas, 17% das morfoespécies estão presentes em ambos os tipos de solo (TABELA 6- A), 2% em ambos os usos do solo (FIGURA 6- B) e 4 % em ambas as regiões. Já para o táxon Blattaria, 12 % das morfoespécies estão presentes em ambos os tipos do solo (FIGURA 7 - A), e nenhuma morfoespécies estão presentes em ambos os usos do solo e em ambas as regiões de estudo (FIGURA 7 – B, C).

FIGURA 6- Diagrama de Venn dos morfotipos do táxon Diplopoda presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 7- Diagrama de Venn dos morfotipos do táxon Blattaria presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).

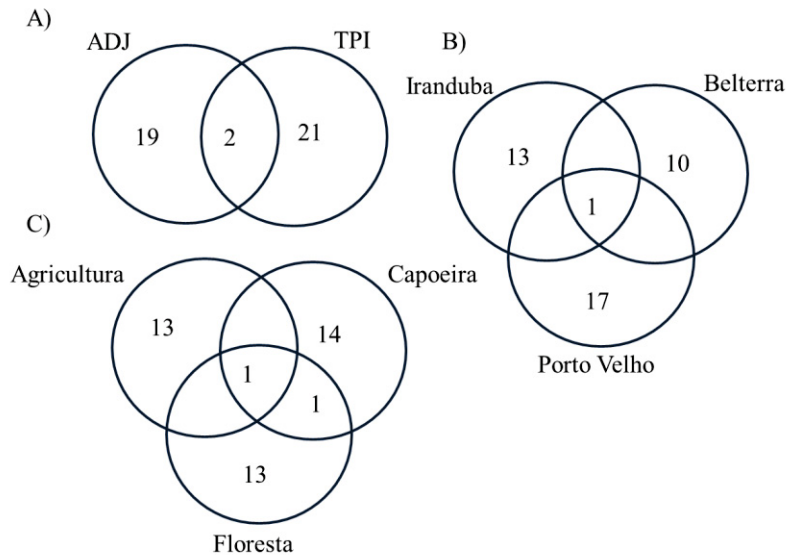


FONTE: O autor (2018).

Hemíptera foi o táxon dos herbívoros que apresentou uma maior riqueza de grupos (TABELA 2). Das morfoespécies desse grupo, 5% estão presentes em

ambos os tipos de solo (FIGURA 8- A), 2% em ambos os usos do solo (FIGURA 8- B) e 2% em ambas as regiões de estudo (FIGURA 8- C).

FIGURA 8- Diagrama de Venn dos morfotipos do táxon Hemiptera presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).

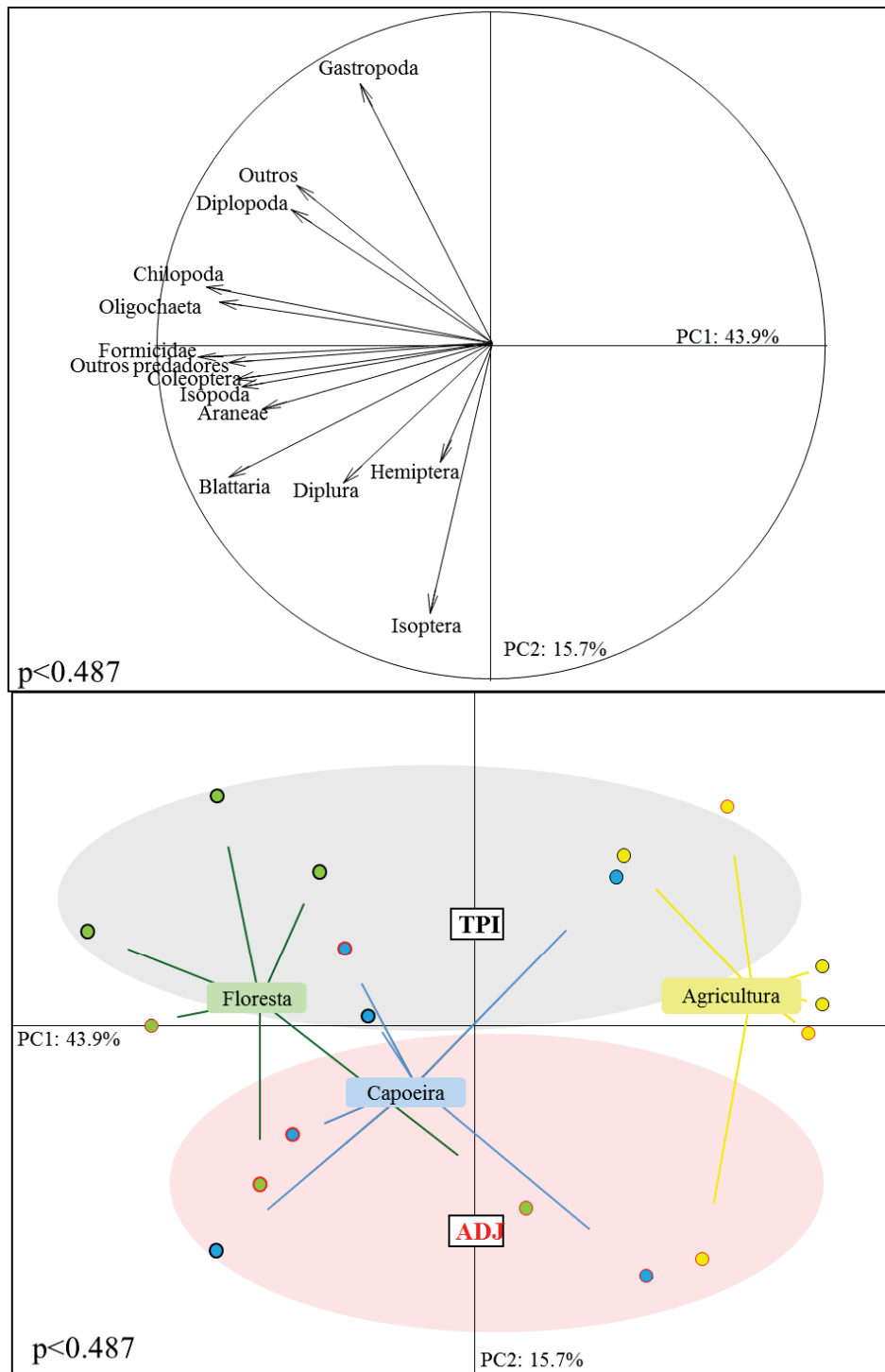


FONTE: O autor (2018).

Para todos os táxons estudados, independentemente das funções que exercem no meio, houve um grande número de morfoespécies adaptadas a TPI e outras que apareceram apenas nas áreas adjacentes. O número de espécies compartilhadas entre os tipos de solo normalmente foi menor que aquele para as TPIs ou solos adjacentes sozinhos, exceto para os cupins.

Na análise de componentes principais (FIGURA 9) evidenciou-se a diferença do comportamento de alguns táxons entre as áreas estudadas. O eixo 1 diferenciou as áreas quanto ao nível de perturbação (agricultura do lado direito, capoeira mais centralizada e floresta no lado esquerdo) e o eixo 2 diferenciou as áreas quanto ao tipo de solo (adjacente VS. TPI). Os táxons Gastropoda, Diplopoda, Chilopoda, Oligochaeta e os outros (pequenos táxons e indivíduos não identificados) estão mais relacionados com as áreas de TPI, já Blattaria, Diplura, Hemiptera e Isoptera estão relacionados com as áreas adjacentes. Os demais táxons entre TPI e adjacentes. Nenhum dos táxons se correlacionou positivamente com as áreas agrícolas.

FIGURA 9- Análise de componentes principais (ACP) da comunidade da macrofauna do solo nos diferentes tipos e uso do solo. TPI = Terra Preta de Índio; ADJ = solo adjacente.



FONTE: O autor (2018).

O Valor de Indicação da Espécie, calculado pelo índice Indval permitiu identificar morfoespécies características de cada região, tipo e uso do solo. Para o tipo de solo, uma espécie de formiga predadora identificada como *Gnamptogenys*

horni foi indicadora de áreas de TPI. Para o uso do solo, uma formiga generalista identificada como *Brachymyrmex sp.3* foi indicadora de áreas agrícolas e uma morfoespécie de cupim xylófago identificado como *Heterotermes tenuis* foi indicador de áreas de floresta. Relacionando o uso com o tipo do solo, uma morfoespécie de Chilopoda foi indicadora de áreas de floresta-TPI.

2.6 DISCUSSÃO

2.6.1 FAUNA TOTAL DO SOLO

As áreas agrícolas foram as que apresentaram menor diversidade em vários táxons (TABELA 2) evidenciando o impacto negativo da perturbação antrópica. Os impactos recentes na vegetação influenciam a abundância e a diversidade da macrofauna através de variações na quantidade e qualidade da serapilheira depositada (Sayer et al., 2010). A determinação da população e diversidade da fauna é de fundamental importância para avaliar as interações biológicas no sistema solo/planta (Giracca et al., 2003).

Pelo índice de Chao 1, foram encontradas em torno de cinquenta por cento do total da riqueza de táxons estimada estar presente nas áreas. Isso se deve ao fato do índice considerar o número de espécies singletons e doubletons (representadas por apenas um ou dois indivíduos nas amostras), que foi alto no nosso trabalho. Isso indica que o esforço de coleta nas áreas precisa ser substancialmente aumentado para poder se caracterizar adequadamente a riqueza das áreas de estudo (TABELA 3). Esse dado também reforça a ideia de Lewinsohn e Prado (2005) de que Amazônia apresenta uma grande quantidade de espécies relacionadas ao solo e que grande quantidade ainda está por ser descoberta.

Segundo Cunha et al. (2016), as TPIs apresentam comunidades particulares de fauna do solo que são diferentes dos adjacentes, mas essa comunidade varia entre os locais, clima e dependendo da cobertura vegetal. De fato, considerando nossos dados (FIGURAS 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8), encontraram-se um total de 56%, 51%, 45%, 45%, 41%, 27%, 16% do total de morfoespécies de baratas, aranhas, hemípteros, diplópodes, formigas, minhocas e cupins, somente nas áreas de TPI, confirmando que esse representa um hábitat particular, bastante diferente das áreas com solo adjacente.

O acúmulo de morfoespécies da macrofauna em profundidade nas áreas (FIGURA 1) variou com o tipo de uso da terra. As áreas com floresta e capoeira tinham maior proporção de invertebrados na liteira (37% em média). No sistema agrícola 18% em média da fauna foram encontrados na liteira. Barros et al., (2002) encontrou valores de 10% de liteira em sistemas agroflorestais mostrando que estudos feitos apenas com a liteira são insuficientes para representar a riqueza da fauna edáfica local. Em todos os usos do solo, a camada de 0-10 cm apresentou aproximadamente 50% do total de morfoespécies encontradas, seguindo de 11% e 6% respectivamente nas demais camadas do solo. Os perfis mais superiores do solo apresentem uma maior quantidade de matéria orgânica, disponibilidade de alimento e porosidade no solo, favorecendo assim a maior incidência da macrofauna nessas profundidades.

2.6.2 ENGENHEIROS DO SOLO

Os cupins, as formigas e as minhocas são considerados engenheiros do solo, pois modificam a disponibilidade ou a acessibilidade de recursos para outros organismos por meio das estruturas físicas que produzem (Lavelle, 1997). Os índices de diversidade (TABELA 3) desses organismos foram menores nas áreas agrícolas que nas demais áreas, provavelmente porque esses habitats possuem menor variedade e quantidade de alimento, fazendo assim, com que haja a dominância de somente algumas morfoespécies, afetando os índices de diversidade. Resultado semelhante foi encontrado por Decaëns et al. (2004) onde houve uma redução da diversidade e riqueza da macrofauna da floresta nativa para os sistemas agrícolas e pastagens na região tropical.

Formicidae foi o grupo taxonômico que apresentou maior quantidade de morfoespécies. É o grupo taxonômico mais numeroso de artrópode nas florestas tropicais (Souza et al., 1998; Assad, 1997). As áreas de agricultura apresentaram menor diversidade de morfoespécies que as áreas de floresta (TABELA 2). A riqueza e diversidade das espécies de formigas esta correlacionada com o tipo e variedade da vegetação (Davidson, 1997). As formigas mostraram-se sensíveis as mudanças no tipo do solo, podendo ser então consideradas ótimos bioindicadores ambientais.

Os cupins apresentaram maior número de espécies nas áreas adjacentes do que as áreas com TPI. Seu número de indivíduos e diversidade de espécies estão

relacionados com mudanças na textura do solo, na distribuição da matéria orgânica e nutrientes de plantas (Constantino e Acioli, 2008). Lima e Costa-Leonardo(2007) e Silva et al. (2006) demonstraram que em ambientes degradados ocorre a redução de recursos alimentares, podendo alguns insetos sociais, como os cupins, aumentarem em densidade e reduzirem em número de espécies. Esse grupo se mostrou muito sensível aos diferentes usos e tipos de solo, onde a maior parte das morfoespécies foram encontradas apenas nas áreas adjacentes e diferiram quanto ao uso do solo.

Pelo acúmulo de espécies ao longo do perfil do solo (FIGURA 1-B), houve uma concentração de espécies nas primeiras camadas do solo (aproximadamente 76%) para todos os usos do solo. Na camada mais profunda (20-30 cm) o número de morfoespécies encontrada na áreas agrícolas foi de apenas 3% em média, 10% e 11% para as capoeiras e florestas respectivamente mostrando que o uso recente do solo interfere na mobilidade desse grupo ao longo do perfil do solo. As áreas com TPI apresentaram maior número de espécies nas profundidades de 10-20 cm, sendo 12% para as TPIs e 7% para as áreas adjacentes, mostrando que o maior aporte de matéria orgânica nas TPIs permite maior mobilidade dos engenheiros edáficos ao longo do perfil do solo.

2.6.3 PREDADORES

Para os predadores, as áreas agrícolas também tiveram menor diversidade que as áreas de floresta (TABELA 3). Os predadores participam ativamente do equilíbrio dinâmico de ecossistemas tendo função regulatória nas populações de outros animais. Como a agricultura apresentou menor riqueza de outros grupos funcionais, a disponibilidade de alimento nessas áreas também é menor, acarretando em menor diversidade de espécies deste grupo funcional nessas áreas (Silva et al., 2006; Costa et al., 2004; Baretta et al., 2011). Araneae foi o grupo dos predadores com maior representatividade em termos de quantidade de morfoespécies (TABELA 2), mostrando assim ser um dos importantes e abundantes predadores da macrofauna edáfica (Silva e Coddington, 1996).

A dominância de indivíduos nas áreas adjacentes foi maior que em áreas com TPI (TABELA 3), principalmente nas áreas agrícolas e de capoeira, indicando que o elevado teor de matéria orgânica e nutrientes nas TPIs faz com que aumente a diversidade desse grupo funcional.

O acúmulo de espécies ao longo do perfil (FIGURA 1-C) mostrou um predomínio de morfoespécies na liteira e na camada de 0-10cm (aproximadamente 86%). Nas áreas agrícolas, onde a cobertura do solo com liteira é mínima, a quantidade de morfoespécies encontradas nesse extrato foi de apenas 26%, quase a metade que o encontrado nas áreas de floresta e capoeira (52% e 46% respectivamente). Para os predadores, as áreas com TPIs também mostraram maior número de espécies na camada de 20-30cm que as áreas adjacentes (8% e 4%) , mostrando que o maior teor de matéria orgânica ao longo do perfil também aumenta a mobilidade desde grupo funcional em profundidade.

2.6.4 DETRITÍVOROS E HERBIVOROS

Os detritívoros e os herbívoros também apresentaram menor diversidade associada às áreas agrícolas. Esses grupos funcionais alimentam-se de vegetação e madeira em decomposição, exercendo um importante papel, principalmente em florestas temperadas e tropicais, na decomposição da matéria orgânica e na formação do solo (Rousseau, 2014). Devido ao seu hábito alimentar, grande parte das morfoespécies destes grupos funcionais (aproximadamente 83%) estão presentes na camada da liteira e de 0-10 cm (FIGURA 1 –D) pelo fato de nessas profundidades haver maior quantidade de vegetação e material em decomposição.

O número de morfoespécies dos táxons desses grupos funcionais apresentou diferenças em relação ao tipo de uso, região e tipo de solo (FIGURAS 6,7 e 8). As áreas com TPI e com floresta apresentaram maior número de morfoespécies. A atividade dos táxons desses grupos funcionais depende do condições ambientais como clima, características do solo e qualidade do material orgânico presente para decomposição, o que explicaria a maior riqueza de espécies nas florestas e em áreas com TPI (Lavelle et al. 1997; Mathieu et al. 2005).

2.6.5 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Na análise de componentes principais (FIGURA 9) o número de morfoespécies dos táxons Gastropoda, Diplopoda, Chilopoda e Oligochaeta estiveram relacionadas com TPIs e esses por sua vez, com as áreas florestais. As TPIs são conhecidas por apresentarem elevados teores de matéria orgânica, cálcio

e fosforo que se diferem dos solos adjacentes (Kern e Costa, 1997; Falcao e Borges, 2006). A presença de gastrópodes está relacionada á quantidade de material orgânico presente na área, sendo geralmente mais abundante em áreas de florestas e de alta fertilidade, o que justifica a preferência desse grupo por solos florestais com TPI. Os diplópodes são os maiores consumidores de restos orgânicos de florestas e, juntamente com os chilopodes, tem preferência por ambientes úmidos. Portanto, a relação desses grupos com áreas de TPI e de floresta é devido à combinação de fatores como alta umidade, elevada produção de substâncias orgânicas e cobertura vegetal densa, que gera maior disponibilidade de alimento nessas situações (Coleman et al., 1996; Ekschmitt et al., 1997). As minhocas, assim como os outros táxons mencionados, geralmente tendem a apresentar maior diversidade de espécies em florestas preservadas (Fragoso et al., 1999), o que foi confirmado em nossas amostras onde o grupo apresentou maior relação com ambientes florestais e com as áreas de TPI devido ao elevado teor de MO.

Os táxons Isoptera, Diplura, Blattaria e Hemiptera apresentaram relação com as áreas adjacentes e com áreas de capoeira. As áreas adjacentes nos locais estudados tinham grande quantidade de liteira, tendo assim maior disponibilidade de alimento para esses táxons que são detritívoros e herbívoros. Nenhum dos táxons estudados mostrou relação positiva com as áreas de agricultura, reforçando o impacto do uso recente do solo na diversidade da macroufauna do solo.

2.6.6 ESPÉCIES INDICADORAS

Uma espécie de (*Gnamptogenys horni*) foi indicadora de solos com TPI. Essa espécie é encontrada em florestas tropicais e forma colônias pequenas, raramente maior que 200 indivíduos, vivendo geralmente em troncos podres ou outro material orgânico (Lattke, 1990; Pratt, 1994). É uma predadora de formigas, besouros, pseudoescorpiões e outros artrópodes (Pratt,1994). Assim, a TPI proporcionou um habitat propício para essa espécie.

Enquanto ao uso do solo, uma formiga do gênero *Brachymyrmex sp.* foi indicadora de áreas agrícolas. Formigas desse gênero são conhecidas por serem generalistas e comuns em áreas abertas (Delabie et al., 2006; Corrêa et al., 2006). Uma espécie de cupim (*Heterotermes tenuis*) foi indicadora de áreas de floresta. Essa espécie possui hábito subterrâneo e preferência por madeira (xilófaga),

podendo ser considerada praga por atacar algumas culturas agrícolas e danificar madeira (Haifig et al., 2008). A presença da *H.tenuis* nas florestas se dá pelo fato dessa espécie ser nativa e ter preferência por madeira, o que não havia nas áreas agrícolas.

Uma espécie de Chilopoda foi indicadora de áreas de floresta com TPI. Os chilopodes são predadores, geralmente vivem na liteira, sob pedras e são encontrados mais em florestas, onde tem preferência por locais mais úmidos (Edgecombe e Giribet, 2007).

2.7 CONCLUSÕES

O uso recente do solo foi determinante para a diversidade de espécies de macrofauna do solo encontradas nesse estudo, havendo menor diversidade nas áreas agrícolas que nos demais usos do solo.

Existem muitas espécies ainda a serem descobertas na região e nos locais de coleta, particularmente nas florestas. Encontrou-se um elevado número de espécies únicas e singletons, evidenciando a baixa abundância de algumas espécies nas áreas, e a necessidade de amostragem mais intensiva para caracterizar adequadamente a riqueza da fauna desses solos.

As TPIs apresentaram maior movimentação vertical das morfoespécies que as áreas adjacentes e ainda mostraram ter um grande número de morfoespécies distintas, evidenciando ser um hábitat único para as comunidades da macrofauna edáfica, que é distinta das áreas adjacentes. Houve predominância de cupins em áreas adjacentes e de diplópodes e gastrópodes em áreas com TPI, evidenciando a necessidade de estudos mais apurados sobre os potenciais efeitos sobre a funcionalidade da macrofauna nesses solos.

2.8 REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility**. Wallingford: CAB international, 1989.

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. **Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, p. 363-443, 1997.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA, L.C.; ALVES, M.V. **Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.

BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, S.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. UFLA, 2008.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, n. 3, p. 273, 2003..

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 5, p. 338-347, 2002

BROWN, G.G.; NIVAN, C.C.; ZAGATTO, M.R.G.; FERREIRA, S.D.A.; NADOLNY, H.S.; CARDOSO, G.B.X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.A.; PASINI, A.; BARTZ, M.L.C.; SAUTTER, K.D.; THOMAZINI, M.J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z.I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; SOUSA, J.P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais **Embrapa Florestas- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P. F. Decomposition and nutrient cycling. **Fundamentals of Soil Ecology**. Academic Press, Inc., San Diego, California, p. 109-139, 1996.

CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. Diversidade de Cupins (Insecta: Isoptera) no Brasil. **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**, p. 278-297, 2008.

CORREA, M.M.; FERNANDES, W.D.; LEAL, I.R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 724-730, 2006.

COSTA P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Embrapa Roraima, 2004.

CUNHA, L.; BROWN, G.G.; STANTON, D.W.; DA SILVA E.; HANSEL, F.A.; JORGE, G.; MCKEY, D.; VIDAL-TORRADO, P.; MACEDO, R.S.; VELASQUEZ, E.; JAMES, S.W.; LAVELLE, P.; KILLE, P.; Terra Preta de Índio Network. Soil animals and pedogenesis: the role of earthworms in anthropogenic soils. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 110-125, 2016.

DAVIDSON, D.W. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 61, n. 2, p. 153-181, 1997

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; GIOIA, C.; MEASEY, G.J.; LAVELLE, P. The values of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S23-S38, 2006.

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.

DELABIE, J.H.C.; PAIM, V.R.L.M.; NASCIMENTO, I.C.; CAMPIOLO, S.; MARIANO, C.S.F. As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 602-615, 2006.

DUNXIAO, H.; CHUNRU, H.; YALING, X.; BANWANG, H.; LIYUAN, H.; PAOLETTI, M.G. Relationship between soil arthropods and soil properties in a suburb of Qianjiang City, Hubei, China. **Critical reviews in plant sciences**, v. 18, n. 3, p. 467-473, 1999.

EDGECOMBE, G.D.; GIRIBET, G. Evolutionary biology of centipedes (Myriapoda: Chilopoda). **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 151-170, 2007.

EKSCHMITT, K.; WOLTERS, V.; WEBER, M. Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods **Fauna in soil ecosystems**. CRC Press, 1997. p. 321-376.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, 2013.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMÉNEZ, J.J.; MARTÍNEZ, M.A.; DECAËNS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSARD, L.; HENDRIX, P. (ed) . **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CABI, Wallingford, p. 27-55, 1999.

GIRACCA, E.M.; ANTONIOLLI, Z.; ELTZ, F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S.; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 3, 2003.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (“terra preta de Índio”). **Geochimica et Cosmochimica acta**, v. 82, p. 39-51, 2012.

GROSSMAN, J.M.; O’NEILL, B.E.; TSAI, S.M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMANN, J.; THIES, J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. **Microbial ecology**, v. 60, n. 1, p. 192-205, 2010.

HAIFIG, I.; COSTA-LEONARDO; A.M.; MARCHETTI, F.F. Effects of nutrients on feeding activities of the pest termite *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 132, n. 6, p. 497-501, 2008.

HAMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis, v. 2.10. **Palaeontologia Electronica**, n. 4, 2001.

KERN, D.C.; COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. **Geociências**, v. 16, n. 1, p. 157-175, 1997.

KERN, D.C.; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZAO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P.; NEVES, E.G.. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon. In: **Amazonian Dark Earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 51-75..

KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. In: **Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes**. 1999. p. 187-228.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystems engineers. **European Journal of Soil Biology (France)**, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services **European journal of soil biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LATTKE, J.E. **Revisión del género Gnamptogenys Mayr en Venezuela (Hymenoptera, Formicidae)**. Fundación Terramar, 1990.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How many species are there in Brazil?. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.

LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, 2007

MATHIEU, J.; ROSSI, J.P.; MORA, P.; LAVELLE, P.; MARTINS, P.D.S.; ROULAND, C.; GRIMALDI, M. Recovery of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 5, p. 1598-1605, 2005.

MATHIEU, J.; GRIMALDI, M.; JOUQUET, P.; ROULAND, C.; LAVELLE, P.; DESJARDINS, T.; ROSSI, J.P. Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 3, p. 586-593, 2009.

MCMICHAEL, C.; PALACE, M.; BUSH, M.; BRASWELL, B.; HAGEN, S.; NEVES, E.; SILMAN, M.; TAMANAHA, E.; CZARNECKI, C. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1777, p. 20132475, 2014.

MILHOMEM, M.S.; MELLO, F.Z.V.; DINIZ, I.R. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1249-1256, 2003.

MYERS, T.P.; DENEVAN, W.M.; WINKLERPRINS, A.; PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian dark earths. In: **Amazonian Dark Earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 15-28.

NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N.; DA SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: **Amazonian dark earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 29-50.

O'NEILL, B.; GROSSMAN, J.; TSAI, M.T.; GOMES, J.E.; LEHMANN, J., PETERSON, J.; THIES, J.E. Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. **Microbial ecology**, v. 58, n. 1, p. 23-35, 2009.

PIRON, D.; BOIZARD, H.; HEDDADJ, D.; PÉRÈS, G.; HALLAIRE, V.; CLUZEAU, D. Indicators of earthworm bioturbation to improve visual assessment of soil structure. **Soil and Tillage Research**, v. 173, p. 53-63, 2017.

PRATT, S.C. Ecology and behavior of *Gnamptogenys horni* (Formicidae: Ponerinae). **Insectes sociaux**, v. 41, n. 3, p. 255-262, 1994.

RIUTTA, T.; SLADE, E.M.; BEBBER, D.P.; TAYLOR, M.E.; MALHI, Y.; RIORDAN, P.; MORECROFT, M.D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 49, p. 124-131, 2012.

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.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v. 216, n. 4548, p. 821-827, 1982.

SAYER, C.D.; BURGESS, A.M.Y.; KARI, K.; DAVIDSON, T.A.; PEGLAR, S.; YANG, H.; ROSE, N. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 3, p. 565-583, 2010.

SCHIEDECK, G.; SCHIAVON, G.A.; MAYER, F.A.; DE LIMA, A.C.R. Percepção de agricultores sobre o papel das minhocas nos agroecossistemas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

SILVA, D.; CODDINGTON, J.A. Spider of Paktiza (Madre de Dios, Peru): richness and notes on community structure. In: Wilson, D.E.; Sandoval, A. (Ed.). **Manu: the biodiversity of Southeastern Peru**. Smithsonian Institution, 1996. p. 253-311.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

STELLIN, F.; GAVINELLI, F.; STEVANATO, P.; CONCHERI, G.; SQUARTINI, A.; PAOLETTI, M.G. Effects of different concentrations of glyphosate (Roundup 360®) on earthworms (*Octodrilus complanatus*, *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa*) in vineyards in the North-East of Italy. **Applied Soil Ecology**, 2017.

WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

WOODS, W.I.; MCCANN, J.M. The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths **Yearbook. Conference of latin americanist Geographers**. Conference of Latin Americanist Geographers, 1999. p. 7-14.

3 CAPÍTULO II: DIVERSIDADE DE MINHOCAS EM SISTEMAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS AMAZÔNICOS IDENTIFICADA USANDO O CÓDIGO DE BARRAS DO DNA

3.1 RESUMO

O conhecimento do efeito das modificações antrópicas recentes e históricas sobre as espécies de minhocas é importante para entender o papel desses animais para a formação dos solos e seus processos físicos e biogeoquímicos. Porém existe um impedimento taxonômico à identificação de minhocas devido à falta de chaves de identificação de espécies nativas, a necessidade de dissecação dos exemplares, a impossibilidade de identificação de juvenis e casulos e a existência de poucos taxonomistas. Dessa forma, a técnica de DNA barcoding vem sendo proposta para facilitar a identificação de espécies e a descoberta de novas espécies. Esse trabalho, portanto, avaliou o potencial do DNA barcoding na distinção das espécies de minhocas e o efeito de diferentes usos do solo, em áreas com Terra Preta de Índio e em solos adjacentes sobre a diversidade de espécies presentes. As minhocas foram coletadas em 5 monólitos de solo, seguindo a metodologia da Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), em diferentes usos do solo (Agricultura, Capoeira e Floresta) sob solo de TPI e em solos adjacentes em três regiões (Iranduba, Belterra e Porto Velho). Além disso, realizaram-se coletas qualitativas em diversos nichos (cupinzeiros, abaixo e dentro de troncos podres, abaixo de pedras, dentro da serapilheira e epífitas) em todas as áreas. Encontraram-se 45 unidades taxonômicas operacionais moleculares (MOTUs) em um total de 326 sequências, três a mais do que as encontrados pela taxonomia morfológica (42 morfoespécies). Portanto, o DNA barcoding auxiliou a contornar o impedimento taxonômico e aumentar a confiabilidade da avaliação da riqueza e da diversidade das minhocas dos locais. As áreas agrícolas apresentaram menor diversidade que as demais áreas, evidenciando o papel negativo das perturbações antrópicas sobre as minhocas. Foram encontrados 46% dos MOTUs nas áreas adjacentes e 28% em TPI mostrando que as áreas com perturbação recente tiveram menor riqueza específica e menor diversidade que as florestas, evidenciando a importância da conservação de florestas na Amazônia para a preservação da biodiversidade de minhocas na região.

Palavras-chave: Genética molecular 1. Oligochaeta 2. Solos 3. Biodiversidade 4. Terra Preta de Índio 5.

3.2 ABSTRACT

Knowledge on the impact of recent and historical anthropic disturbance on earthworm species is of paramount importance to understand the role of these animals in soil formation and physical and biogeochemical processes. However there is a taxonomic impediment to earthworm identification due to the lack of identification keys for native species, the need for dissection, the impossibility of identification of juveniles and cocoons and the existence of few taxonomists. Hence, the DNA barcoding technique has been proposed to facilitate the species identification and the discovery of new species. The present study therefore evaluated the potential of DNA barcoding in the distinguishing earthworm species and the impact of different soil uses, in areas with Amazonian Dark Earth (ADE) and adjacent reference soil on

species diversity. Earthworms were collected from five soil monoliths using the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) method, in different land uses (Agriculture, Capoeira and Floresta) under ADE and adjacent reference soils in three regions (Iranduba, Belterra and Porto Velho). In addition, qualitative samples were collected in several niches (termites, below and inside rotten trunks, under rocks, inside litter and epiphytes) in all areas. We found 45 molecular operational taxonomic units (MOTUs) in a total of 326 sequences, three more than those found with classical morphological taxonomy (42 morphospecies). Hence, DNA barcoding helped circumvent the taxonomic impediment and increase the reliability of earthworm species richness and diversity assessment. Earthworm diversity was lower in agricultural areas than forests highlighting the negative effect of disturbance on earthworms. We found 46% MOTUs in adjacent areas and 28% in TPI, showing that areas with recent disturbance had lower specific richness and lower diversity than forests, evidencing the importance of forest conservation in the Amazon for the preservation of earthworm biodiversity in the region.

Keywords: Molecular genetics 1. Oligochaeta 2. Soils 3. Amazonian Dark Earth 4. Biodiversity 5.

3.3 INTRODUÇÃO

Apesar de muitos solos amazônicos serem considerados de baixa fertilidade para a agricultura (Luizão et al, 2009), existem manchas de solo de coloração preta ou marrom escura que se diferem dos solos adjacentes por apresentarem modificações antrópicas. Esses solos, popularmente conhecidos como “Terra Preta de Índio” (TPI) (Neves et al., 2003; Glaser 2007; Kern, 2003; McMichael et al., 2014), apresentam elevados teores de pH, fósforo, cálcio, magnésio e teores de matéria orgânica do solo, atuando também como reservatórios de carbono (Glaser e Birk 2012). A riqueza vegetal e microbiana ligada às TPIs é distinta quando comparada com os solos adjacentes (Arroyo-Kalin, 2010; Grossman et al., 2010; O'Neill et al., 2009). Contudo, ainda não existem trabalhos sobre a comunidade de macroinvertebrados relacionados às TPIs.

A Amazônia, o maior bioma brasileiro, apresenta elevada biodiversidade, grande parte ainda desconhecida. Boa parte dessa diversidade pode estar vivendo na serapilheira e solos das florestas amazônicas, representando milhares de espécies de invertebrados, muitos ainda não descritos (Brown et al., 2006). Entre esses invertebrados estão as minhocas, cuja diversidade foi estimada em mais de 2.000 espécies na Amazônia (Lavelle e Lapied, 2003), grande parte delas ainda por serem descobertas. As minhocas compreendem 40 a 90% da biomassa de macrofauna em solos tropicais (Fragoso et al., 1999) e desempenham importante

papel na provisão de serviços ecossistêmicos, como a formação do solo, a decomposição e ciclagem de nutrientes, e a produção vegetal (Lavelle et al., 2006). Além disso, sua presença e populações no solo podem ser usados como indicador de qualidade ambiental (Pulleman et al., 2012, Fründ et al., 2010, Rutgers et al., 2016), algo que os agricultores normalmente reconhecem, já que associam minhocas com solos mais férteis (Brown et al., 2003).

Os diferentes tipos de clima, solo, vegetação e gestão humana são determinantes para a populações de minhocas presentes em um determinado local (Brown e Domínguez, 2010). Portanto, esses também são importantes para o potencial efeito das minhocas sobre as propriedades, os processos e os serviços ecossistêmicos edáficos (Lavelle et al., 2006). O conhecimento do efeito das modificações antrópicas recentes e históricas sobre as espécies de minhocas é importante para entender o papel desses animais para a formação dos solos e seus processos físicos e biogeoquímicos. Contudo, apesar de haver diversos estudos sobre as minhocas em solos Amazônicos brasileiros (revisado em Barros et al., 2006; Brown & James, 2007) ainda pouco se sabe sobre as comunidades de minhocas em solos antrópicos amazônicos, particularmente as TPIs, e como elas contribuem para a formação e fertilidade desses solos (Cunha et al., 2016).

No Brasil, estima-se que existam mais de 1000 espécies de minhocas (Brown e James, 2007), mas apenas 336 são conhecidas (Brown et al., 2013). A identificação de uma espécie de minhoca normalmente exige a dissecação de exemplares adultos, e comparação dos caracteres internos e externos com aqueles das espécies conhecidas. Como não existem chave de identificação de espécies nativas, há um grande número de espécies novas e apenas uma taxonomista de minhocas atuante no Brasil, há um importante impedimento taxonômico para a identificação de minhocas no país. Contudo, visando facilitar a identificação das minhocas, particularmente fases juvenis, técnicas moleculares podem ser adotadas (da Silva et al., 2018).

Hebert et al., 2003 propôs o uso de uma sequência de DNA padrão para otimizar a identificação de espécies e a descoberta de novas espécies, chamando-a de DNA barcoding. Efetivamente o “DNA barcoding” tem se mostrado útil e amplamente utilizado (Stockler e Hebert, 2008; Bucklin et al., 2011). Para os animais, a região do DNA escolhida para ser barcode é a COI (citocromo c oxidase subunidade I) da região do genoma mitocondrial, pois é uma região bem conservada

que permite não só a distinção entre espécies, mas também de grupos filogenéticos dentro da mesma espécie, o que faz com que seja uma ferramenta muito útil para estudos de diversidade biológica (Arnot et al., 1993; Hebert et al., 2003; Bucklin et al., 2011; Cox e Hebert, 2001). Para o uso eficiente do DNA barcode a existência de um intervalo (barcoding gap) entre as distâncias intra e inter específicas é necessária (Hebert et al., 2003; Meyer, 2005). Assim, para delimitar as espécies e verificar se existe o barcode Gap, utilizam-se métodos de distância genética, sendo aplicado um limiar “x” que varia de acordo com as espécies (Hebert et al., 2003; Hebert et al., 2004); valores abaixo de um determinado limite significam uniformidade taxonômica e acima de outro limite indicam distinção taxonômica (Wiemers e Fiedler, 2007). O limiar “x” pode variar muito entre animais, então diversos métodos para delimitar as espécies foram propostos. Dentre esses métodos, tem-se o Automatic Barcoding Gap (ABGD) proposto por Puillandre et al. (2012). O ABGD nos dá um algoritmo eficaz que permite dividir o conjunto dos dados das sequências do DNA barcode como grupos de táxons chamados de unidades taxonômicas moleculares operacionais (MOTU'S), ou seja, em morfo-espécies candidatas ou hipóteses de espécies principais, de acordo com uma série de distâncias potenciais do limiar do Barcode Gap (Puillandre et al., 2012). O barcoding tem sido usado e proposto cada vez mais para caracterizar a diversidade de espécies de minhocas, já que possibilita a identificação de juvenis, casulos, pedaços de minhocas e a presença de diversidade críptica (Rougerie et al., 2009; Decaëns et al., 2013).

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial do DNA barcoding na distinção das espécies de minhocas e verificar a diversidade das mesmas em diferentes usos do solo, em áreas com TPI e solo adjacente, em três regiões da Amazônia.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram coletadas amostras na Amazônia em três regiões (Iranduba-AM, Belterra-PA e Porto Velho-RO) com diferentes usos do solo (Floresta, Capoeira e Agricultura) em solos com TPI e em áreas adjacentes (TABELA 1). Os solos dos

locais foram classificados como Acrissolos, Ferrossolos e Plintossolos conforme SiBCS (2013).

3.4.2 COLETA DAS MINHOCAS

Para a coleta das minhocas, foram utilizados monólitos de solo de 25x25 cm seguindo a metodologia do Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) descrito por Anderson e Ingram (1993), mas com uma área útil de amostragem de 1 ha e distância entre as amostras de pelo menos 30 m. Em total foram coletadas 5 amostras em formato de X dentro da parcela, sendo uma em cada extremo, e uma no centro. Os monólitos foram subdivididos em quatro extratos sendo estes a liteira (quando presente), e o solo a 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm de profundidade. Realizaram-se também amostras qualitativas, onde as minhocas foram coletadas em nichos (cupinzeiros, abaixo e dentro de troncos podres, abaixo de pedras, dentro da serapilheira e epífitas) dentro da área de estudo. A triagem das amostras foi realizada no campo e o material foi armazenado em álcool etílico (96%) para posterior identificação e análise genética em laboratório.

TABELA 1- Descrição das áreas amostradas, indicando município e estado, uso do solo e histórico, tipo de solo, classe de solo segundo o Manual de Classificação de Solos (Embrapa, 2009) e as coordenadas geográficas.

Região	Estado	Uso do Solo	Histórico de Uso do Solo	Tipo de Solo	Solo (SiBCS)	Coordenadas	
Iranduba	AM	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Argissolos	3°13'35"S	60°16'24"W
Iranduba	AM	Capoeira	< 20 anos	TPI	Argissolos	3°13'47"S	60°16'06"W
Iranduba	AM	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Argissolos	3°13'30"S	60°16'28"W
Iranduba	AM	Floresta	> 20 anos	TPI	Argissolos	3°13'47"S	60°16'06"W
Iranduba	AM	Agricultura	recente	Adjacente	Argissolos	3°14'49"S	60°13'29"W
Iranduba	AM	Agricultura	recente	TPI	Argissolos	3°15'08"S	60°13'45"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Latossolos	2°47'02"S	54°59'54"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	TPI	Latossolos	2°46'59"S	55°00'46"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	Adjacente	Latossolos	2°41'13"S	54°55'01"W
Belterra	PA	Floresta	> 20 anos	TPI	Latossolos	2°41'05"S	54°55'06"W
Belterra	PA	Agricultura	recente	Adjacente	Latossolos	2°41'05"S	54°55'11"W
Belterra	PA	Agricultura	recente	TPI	Latossolos	2°41'05"S	54°55'08"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Argissolos	8°52'36"S	64°03'57"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	TPI	Argissolos	8°51'57"S	64°03'39"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	Adjacente	Plintossolos	8°52'39"S	64°03'44"W
Porto Velho	RO	Capoeira	< 20 anos	TPI	Plintssolos	8°51'51"S	64°03'46"W
Porto Velho	RO	Agricultura	recente	Adjacente	Argissolos	8°50'49"S	64°04'49"W
Porto Velho	RO	Agricultura	recente	TPI	Argissolos	8°51'02"S	64°04'42"W

3.4.3 IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA (MORFOLÓGICA)

As minhocas foram identificadas usando taxonomia clássica pelos taxonomistas M. Bartz e S.W. James em base nos caracteres morfológicos internos e externos dos exemplares, e separação foi feita em morfoespécies comuns de acordo com as características de cada exemplar.

3.4.4 EXTRAÇÃO, AMPLIFICAÇÃO E SEQUENCIAMENTO DE DNA

Uma pequena amostra de tecido muscular ($\cong 0,4 \text{ cm}^2$) foi removida da parte posterior de cada exemplar. O tecido foi separado para extração em um microtubo de 1,5 ml e o restante do corpo do espécime foi separado em outro tubo adequado para depositar na coleção de oligoquetas Fritz Müller (COFM), na Embrapa Florestas. O DNA foi extraído através do kit de extração da Qiagen® (DNeasy 96 Blood e Tissue kit) seguindo as instruções do fabricante (Quiagen®, 2006). O marcador molecular utilizado foi a subunidade 1 da enzima mitocondrial citocromo c oxidase (COI) adotado como sequência padrão para barcoding de invertebrados no projeto “Barcode of Life” (Hebert et al., 2003). A amplificação foi feita por meio de técnicas de PCR (reação em cadeia de polimerase) utilizando oligonucleotídeos iniciadores (primers). Foram utilizados dois conjuntos de primers para amplificar o fragmento de gene mitocondrial COI (TABELA 2). As reações de PCR foram realizadas em 25 μL de solução contendo 0,2 μL de Taq DNA Polymerase (5,0 U/ μL), 1,0 μL de DNA, 5 μL de tampão de reação (5X), 2,5 μL de MgCl_2 (25 mM), 0,5 μL de dNTP (10 mM), 0,5 μL de cada oligonucleotídeo iniciador forward e reverse (10 μM). Os ciclos de amplificação contaram com: uma desnaturação inicial de 94° por 3 min, 30 ciclos de 30 s a 94°C, 45 s a 44°C e 1 min a 72°C, seguido de 10 ciclos de 30 s a 94°C, 45 s a 50°C e 1 min a 72°C, com extensão final de 10 min a 72°C. O resultado das reações foi verificado em géis de agarose 1%. Controles negativos e positivos foram incluídos nas reações. Os produtos de PCR foram enviados, não purificados, juntamente com os primers utilizados nas reações para sequenciamento na Universidade de Cardiff.

TABELA 2 - Oligonucleotídeos iniciadores utilizados para amplificação do COI.

Marcador (gene)	Nome do primer	Sequência	Direção	Referência
COI	HCO2198	5' TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA 3'	<i>Foward</i>	Folmer et al. (1994)
COI	LCO1490	5' GGTCACAACAAATCATAAAGATATTGG 3'	<i>Reverse</i>	Folmer et al. (1994)
COI	2F all	5'TGARYTAAGACARCCDGGAKCATTY3'	<i>Foward</i>	Este estudo
COI	2R all	5' TGRTATARAATTGGRTCNCCHCCWC3'	<i>Reverse</i>	Este estudo

FONTE: O autor (2018).

3.4.5 ANÁLISE DE DADOS

As sequências de nucleotídeos obtidas foram editadas no programa MEGA7 e alinhadas utilizando a ferramenta ClustalW (Thompson et al., 1994). O algoritmo do ABGD (Puillandre et al., 2012) foi utilizado para identificar o “barcode gap” entre as distâncias intra- e interespecíficas e verificar a delimitação de espécies pelo agrupamento das sequências dos genes COI. Uma representação gráfica da árvore filogenética dos MOTUS encontrados foi realizada utilizando o programa MEGA v.7 usando o algoritmo Neighbor-Joining (Saitou and Nei, 1987) com o parâmetro Kimura-2 parameter model (Kimura, 1980) com 1000 bootstraps. A árvore foi montada utilizando o programa iTOL v2.2.2 (Letunic and Bork, 2007). Além disso, realizou-se uma busca no GenBank com cada sequência gerada, para identificação de espécies coletadas nesse estudo e que estivessem presentes naquela base de dados.

Computou-se o número de MOTUs em cada tratamento, ou seja, sistema de uso (tipo de vegetação), tipo de solo e região geográfica de coleta, e realizaram-se diagramas de Venn visando determinar o número de MOTUs presentes em cada tratamento e aqueles compartilhados entre eles. Utilizou-se o programa Past v. 3.17 (Hammer, 2017) para calcular o índice de diversidade de Shannon, dominância, estimador de riqueza de Chao 1 e similaridade de Jaccard, usando os resultados do número de indivíduos e a riqueza de MOTUs. O programa R v. 2.15.0 (R Development Core Team, 2004) foi utilizado para calcular o Valor de Indicação de Espécie – Indval utilizando o pacote “labdsv”. Realizou-se uma análise de variância

(ANOVA) e teste de Tukey ($p > 0,05$) utilizando o programa Assistat v.7.7 (Silva e Azevedo, 2016) para estabelecer diferenças significativas entre tratamentos (tipo de solo, TPI x Adjacente; tipo de uso do solo, Agricultura x Capoeira x Floresta; e a relação entre o tipo do solo e o uso do solo).

3.5 RESULTADOS

3.5.1 DNA BARCODING E RIQUEZA DE MINHOCAS

No total, 531 exemplares (TABELA 3) foram selecionados para as análises de DNA, dos quais se amplificou o COI e sequenciaram apenas 323, obtendo um sucesso de 59,4%. Essas sequências geraram um total de 45 MOTUs (FIGURA 1). A divergência média intra-MOTU variou de 0 a 3% e entre-MOTU de 16 a 41%, considerando uma distância genética de 16% como mínimo para separação de MOTUs (FIGURA 1).

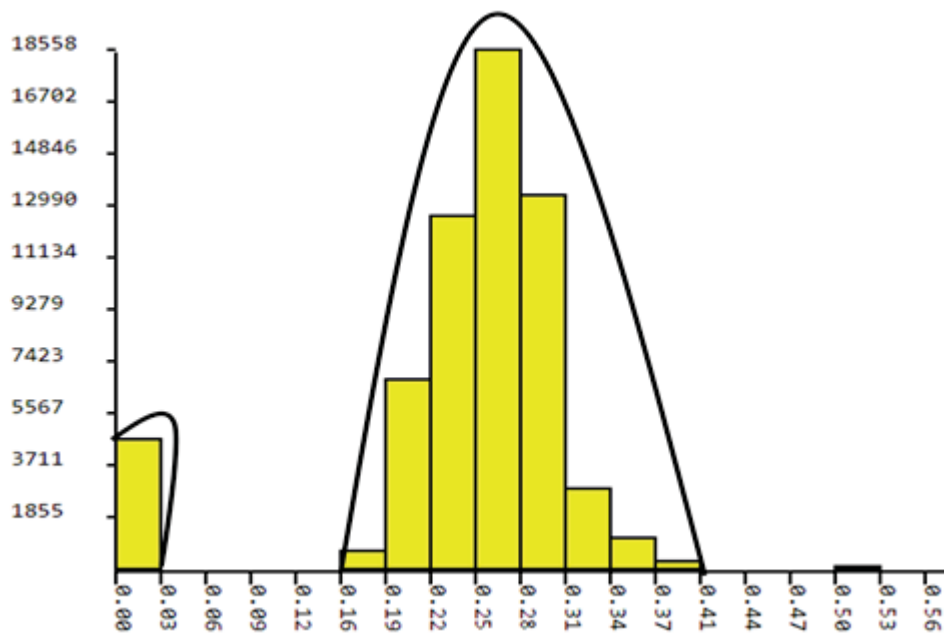
Pela identificação taxonômica morfológica, encontraram-se 42 morfoespécies, entre exemplares juvenis e adultos (TABELA 3). Como todas as espécies identificadas morfológicamente também foram encontradas com barcoding (APÊNDICE 11), a chance de existirem novos MOTUs entre os 207 indivíduos adicionais identificados apenas morfológicamente é pequena. Algumas morfoespécies identificadas morfológicamente eram duplicadas, representando a mesma espécie, portanto o número de espécies confirmadas pela genética foi menor que aquele para a morfologia, tanto para exemplares adultos quanto juvenis. Do total amplificado, aproximadamente 52% eram juvenis, casulos e pedaços e 10 MOTUs foram identificados apenas com esses indivíduos (TABELA 3).

TABELA 3- Eficiência da metodologia utilizada comparando com o número de espécies descritas morfológicamente.

Material	No. total de indivíduos	Identificação morfológica e genética			
		Exemplares com barcodes (proporção)	No. total de MOTUs	Morfoespécies morfológicas	Confirmadas geneticamente
Total	530	323 (51%)	45	42	40
Juvenis	236	128 (54%)	10	20	18
Adultos	214	154 (72%)	12	22	21
Casulos	48	27 (56%)	0	-	-
Pedaços	32	12 (38%)	0	-	-

FONTE: O autor (2018).

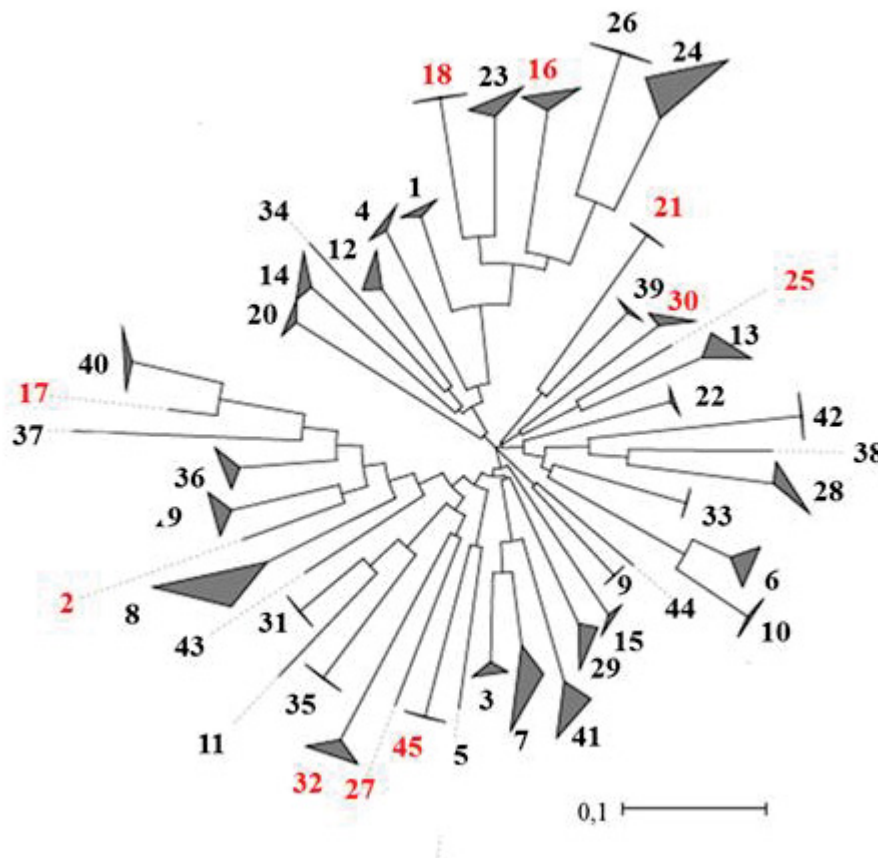
FIGURA 1- Barcode gap mostrando as pequenas distâncias genéticas intra-específicas (colunas da esquerda), e as distâncias genéticas maiores (inter-específicas, maiores que 15%), dos exemplares coletados em todas as áreas.



FONTE: O autor (2018).

Os exemplares foram categorizados morfologicamente em quatro famílias (Glossoscolecidae, Rhinodrilidae, Ocnerodrilidae e Acanthodrilidae) e de forma tentativa em diversos gêneros, incluindo Righiodrilus, Atatina, Pontoscolex, Martiodrilus, Neogaster e Dichogaster (Anexo 11). Dentre os morfotipos encontrados, a maioria são espécies desconhecidas, sem correspondência no GenBank ou com outras espécies conhecidas morfologicamente. Apenas 3 puderam ser identificadas em nível de espécie: *Pontoscolex corethrurus* (MOTU5), *Dichogaster andina* (MOTU6) e *Dichogaster modiglianii* (MOTU9). Das duas espécies de *Dichogaster* uma foi encontrada em apenas em um local e a outra nos três locais, a *D. andina* na floresta em Belterra e apenas em solos adjacentes já a *D. modiglianii* na Floresta e em Agricultura em Iranduba, Belterra e Porto Velho.

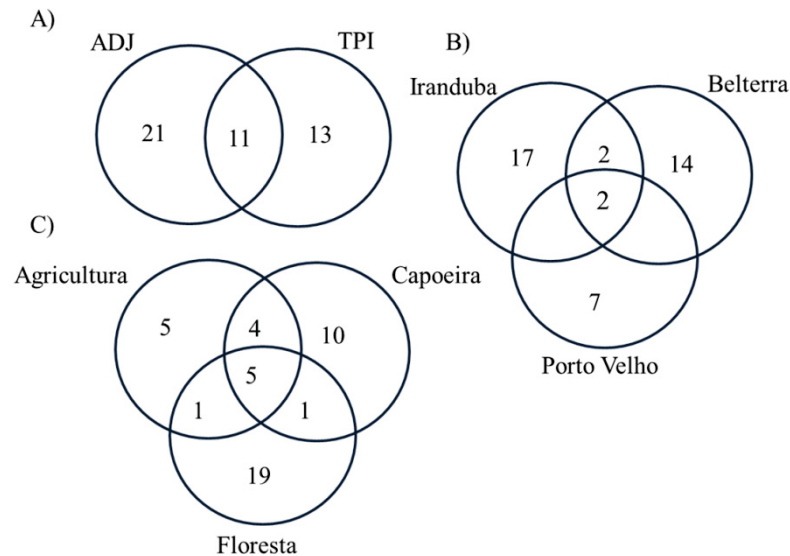
FIGURA 2- Árvore filogenética NJ baseada nas 323 sequências de COI obtidas de minhocas coletadas em 18 locais da Amazônia. O tamanho dos triângulos representam as maiores e menores divergências intraespecíficas. Os números indicam os 45 MOTUs, em vermelho são os MOTUs com apenas indivíduos juvenis nas amostras.



FONTE: O autor (2018).

Encontraram-se nove MOTUs em Porto Velho, 18 em Belterra e 21 em Iranduba (FIGURA 3C). A riqueza nas florestas no presente estudo variou de 4 a 9 espécies (APÊNDICE 13), e o número total foi de 26 espécies (FIGURA 3B). Nas capoeiras, encontraram-se 20 espécies, e nas áreas agrícolas 15 (FIGURA 3B). A riqueza de MOTUs na TPI (24 spp.) foi menor do que nos solos adjacentes (32 spp.) (FIGURA 3A). O número de MOTUs encontradas apenas em um dos solos foi bastante grande: 21 nas áreas adjacentes (47% do total) e 13 spp. nas TPIs (29% do total).

FIGURA 3- Diagrama de Venn dos MOTUs presentes nas áreas avaliadas, mostrando o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).

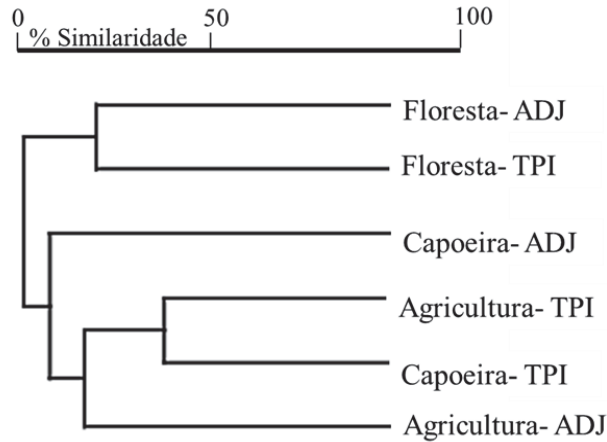


FONTE: O autor (2018).

A Beta diversidade dos MOTUs de cada local, evidenciada pelo índice de similaridade de Jaccard, mostrou que os locais mais parecidos eram as Florestas ADJ e TPI, a Agricultura e Capoeira-TPI, sendo essas similares a Agricultura-ADJ, seguido da Capoeira-ADJ (FIGURA 4).

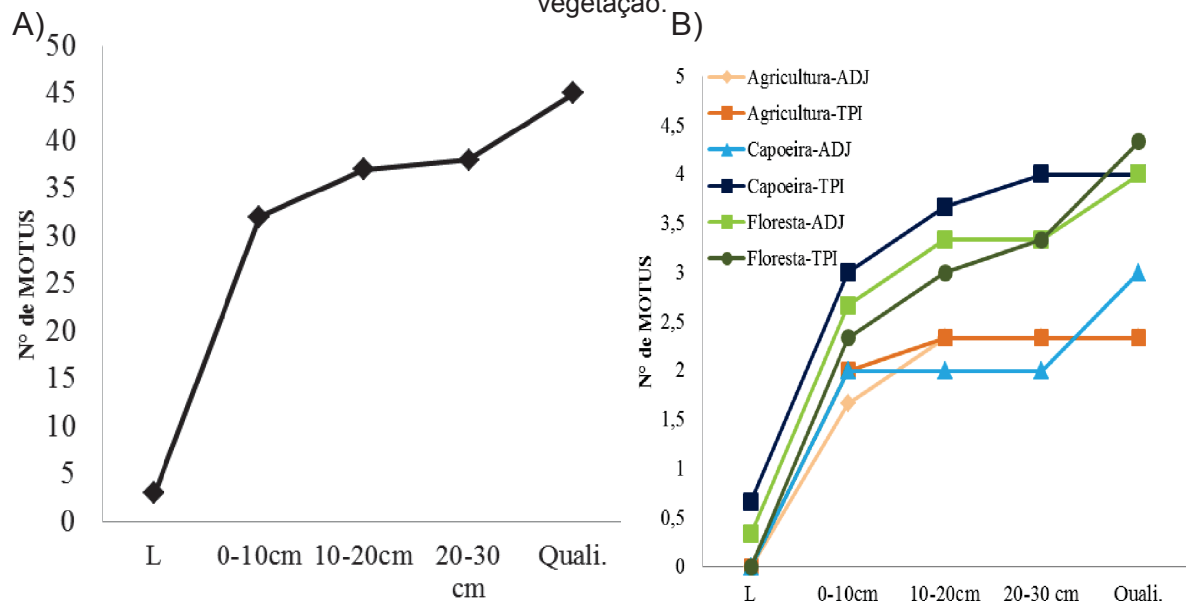
Considerando todas as amostras, independente do tratamento, a maioria dos MOTUs foi encontrada na camada de solo de 0-10 cm de profundidade (Figura 5A) onde há maior disponibilidade de recursos alimentares (matéria orgânica). Foram encontrados poucos MOTUs na liteira (3 spp.), ocorrendo uma maior presença dos MOTUs nas camadas de 0-10, 10-20 ou 20-30 cm de profundidade (27, 6 e 2 spp., respectivamente). O método de coleta qualitativo acrescentou mais 7 MOTUs ao total de espécies encontradas, e essas foram encontradas mais nas áreas adjacentes e na floresta com TPI (Figura 5B). Considerando os diferentes usos (vegetação) e tipos de solo houve maior acúmulo de MOTUs em profundidade no solo das florestas e capoeira em TPI, e até 20 cm na floresta adjacente (FIGURA 5B).

FIGURA 4- Análise de Cluster utilizando a distância de Jaccard para diferenciar as áreas de estudo de acordo com a presença e ausência das espécies de minhocas.



FONTE: O autor (2018).

FIGURA 5- Número acumulativo de MOTUs em diferentes profundidades do solo (L = liteira, e nos extratos de 0-10, 10-20 e 20-30 cm), e o número adicional coletado com amostras qualitativas. A) Total de toda as áreas avaliadas (independente do tratamento); B) Em cada tipos de solo e vegetação.



FONTE: O autor (2018).

3.5.2 ÍNDICES DE DIVERSIDADE

A dominância foi maior nas áreas agrícolas, e o índice de Shannon mostrou que as áreas agrícolas apresentaram menor diversidade que as florestas e capoeiras (TABELA 4). O número de MOTUs estimados pelo índice de Chao1

(TABELA 4) revelou que a maior parte da riqueza de espécies estimada (81-100%) foi encontrada nas amostras, mostrando que o número de amostras foi de maneira geral adequado para avaliar a riqueza de espécies de minhocas nos diferentes sistemas. Apenas nas florestas seria necessário aumentar o esforço amostral para contemplar a riqueza de espécies esperada.

TABELA 4- Média da dominância, diversidade de Shannon, e o estimador de riqueza de MOTUs de Chao 1 das minhocas nos diferentes tipos de solo e vegetação.

	Agricultura- ADJ	Agricultura- TPI	Capoeira- ADJ	Capoeira- TPI	Floresta- ADJ	Floresta- TPI
# de Morfoespécies	1,3 b	2,3 b	3 ab	4 ab	5,3 a	5a
Dominância	0,9 a	0,8 a	0,27 b	0,5 b	0,5 b	0,43 b
Shannon	0,17 b	0,3 b	0,8 a	0,9 a	1,1 a	1,1 a
Chao	1,3 b	2,3 b	3,3 a	4a	6,5 a	5,7 a

*-médias seguidas com letra igual na linha não diferem significativamente para o teste Tukey ($p>0,05$).

FONTE: O autor (2018).

3.5.3 ESPÉCIES INDICADORAS

Nas nossas análises, apenas o MOTU9, identificado como *Dichogaster modiglianii* foi indicador de áreas com TPI usando os cálculos do INDVAL. Nenhum MOTU se apresentou como indicador de tipos de uso (vegetação), ou da interação entre sistema de uso e tipo de solo.

3.6 DISCUSSÃO

O barcode gap encontrado correspondeu aos intervalos de divergências geralmente observadas entre espécies bem estabelecidas em famílias de minhocas mais conhecidas, como as Lumbricidae que frequentemente são superiores a 16% (Rougerie et al., 2009; Decaëns et al., 2013). As delimitações genéticas correspondem aos resultados encontrados morfológicamente, com exceção de dois MOTUs (TABELA 3). Esse resultado também foi encontrado por Decaëns et al. (2016) e contrasta com outros estudos onde há uma alta quantidade de

espécies crípticas em coleções de minhocas tropicais (King et al., 2008; James et al., 2010; Novo et al., 2010).

A identificação com base nos caracteres morfológicos é complexa e só é possível quando os exemplares são adultos e estão bem preservados. No caso de exemplares juvenis, pedaços e casulos e até para se descobrir novas espécies, as técnicas moleculares são especialmente úteis (Klarica et al., 2012). Pouco se conhece sobre a dinâmica de populações de minhocas em florestas Amazônicas, mas podemos esperar ciclos sazonais de reprodução com predominância de juvenis a maior parte do tempo, e com adultos presentes apenas durante o curto período de reprodução (Barois et al., 1999). As nossas amostras apresentaram um elevado número de casulos e juvenis, e os resultados encontrados confirmam os de Richard et al. (2010), que sugeriram a utilização de DNA barcoding na integração de juvenis em pesquisas ecológicas de minhocas, visando melhorar significativamente a confiabilidade de estudos sobre suas populações e diversidade.

Dos 45 MOTUs, apenas 3 foram identificados em nível de espécie: *P. corethrurus*, *D. andina* e *D. modiglianii*. A primeira espécie é amplamente distribuída no país (Brown et al., 2006), e bastante frequente em amostras coletadas na Amazônia, especialmente em ambientes perturbados (Lavelle e Lapied, 2003). As outras duas espécies já eram conhecidas do Brasil, coletadas em alguns locais do Pará e Amazonas (*D. andina*) e do Mato Grosso, Amazonas e Roraima (*D. modiglianii*) (Brown e James, 2007). Ambas são minhocas principalmente de ambientes perturbados.

Nosso estudo revelou alta riqueza de minhocas (45 spp.), mas inclui amostras de três regiões distantes. A riqueza de minhocas encontradas em florestas tropicais ao redor do mundo varia bastante: nas ilhas do Caribe (3-10 espécies), Mesoamérica (5-17 espécies), América do Sul (4-14 espécies), África (40 espécies no Monte Nimba, Guiné) e Guiana Francesa (Reserva Nouragues, 48 espécies) (Omodeo, 1958; Fragoso e Lavelle, 1992; Brown e Fragoso, 2007; Csuzdi et al., 2009; Jiménez et al., 2012; Decaëns et al., 2016), mas apenas no último estudo usou-se também o barcoding para avaliar a riqueza. Certamente, o uso de barcoding pode aumentar as estimativas de espécies encontradas nesses locais, assim como observado no presente estudo e no de Decaëns et al. (2016).

Do total de MOTUs encontrados 16% eram de Porto Velho, 31% de Belterra e 39% de Iranduba. Apenas duas espécies foram encontradas em todas as regiões,

portanto essas espécies também devem ser nativas de maior distribuição ou senão espécies peregrinas. O menor número de MOTUs encontrado em Porto Velho possivelmente deva-se ao fato das coletas terem sido realizadas apenas em pastagem e em capoeiras, não havendo amostras de florestas antigas (>20 anos). Os MOTUs encontrados nas 3 regiões (MOTU9 e 13) provavelmente sejam espécies peregrinas ou exóticas, ou possivelmente espécies nativas amplamente distribuídas, como *Urobenus brasiliensis* (Brown e James, 2007). Os outros MOTUS encontrados em apenas duas regiões, portanto devem representar nativas de maior distribuição, ou senão espécies exóticas. No Brasil são conhecidas mais de 40 espécies exóticas (Brown e James, 2007), e várias possuem ampla distribuição, porém nem todas estão representadas nos bancos de dados do Genbank ou outros.

Das espécies encontradas só em TPIs, *Dichogaster modiglianii* foi encontrada nas três regiões, sendo portanto indicadora de terra preta (confirmado pelo INDVAL), enquanto os MOTUs 22, 23, 26 e 41 foram encontrados em duas regiões. Isso indica que os nichos locais são compostos principalmente por espécies provenientes de grupos regionais, sendo limitados baixa capacidade de dispersão das minhocas, e por serem especialistas, resultando em filtragem ambiental das espécies presentes em escala local (Belyea e Lancaster, 1999; Decaëns et al., 2016).

A diversidade dos sistemas jovens e mais perturbados (capoeira e agricultura) se separou dos sistemas mais antigos e melhor conservados (florestas), evidenciando o efeito da perturbação mais recente do solo sobre as minhocas. Já é bem conhecido que maior interferência antrópica como áreas agrícolas e ambientes mais degradados apresentaram uma menor diversidade de fauna do solo que em áreas de floresta (Barros et al., 2002; Decaëns et al., 2004). As florestas mais preservadas tem maior riqueza de espécies por apresentarem menor nível de perturbação e porque esses habitats possuem maior variedade, quantidade e qualidade da serrapilheira do que as áreas agrícolas (Fragoso et al., 2006; Sayer et al., 2010).

Sabe-se que o tipo, abundância e uso de resíduos orgânicos influenciam no fornecimento de alimento para a fauna do solo, relacionando-se com sua abundância e diversidade (Baretta et al., 2011; Alves et al., 2008; Moço et al., 2010). O maior acúmulo de matéria orgânica nos solos das TPIs e das florestas pode

explicar o fato de haver maior acúmulo de espécies em profundidade, pois esses sistemas (especialmente as TPIs) possuem maiores teores de matéria orgânica.

O método de coleta qualitativo acrescentou mais MOTUs ao total de espécies encontradas, indicando a importância de se realizar amostragens complementares qualitativas para avaliações da diversidade e riqueza de espécies de minhocas nesses sistemas. Não obstante, o índice Chao1 (TABELA 4) revelou que a maior parte da diversidade presente nos locais avaliados foi coletada em nossas amostras: 100% da diversidade estimada foi encontrada nas áreas agrícolas, 90% nas capoeiras e 81% nas áreas de floresta.

Porém, nossas amostras apresentaram um número importante de espécies únicas e singletons, espécies com distribuição restrita, raras, pouco abundantes e/ou de coleta mais difícil. Para avaliar suas populações adequadamente, se necessita maior esforço amostral in-situ e em locais próximos, para determinar sua área de ocupação e extensão de ocorrência, dados úteis para avaliar estado de ameaça de extinção.

3.7 CONCLUSÕES

O DNA barcoding revelou maior número de espécies de minhocas do que a avaliação morfológica dos exemplares, mostrando-se como ferramenta útil para contornar o impedimento taxonômico (identificação de juvenis e casulos, baixo número de taxonomistas no país), e aumentar a confiabilidade de avaliações da riqueza de espécies de minhocas de um determinado local.

Encontrou-se maior riqueza específica de minhocas (MOTUs) nas áreas adjacentes que nas TPIs, evidenciando que, apesar de ser um solo mais fértil, as TPIs representam um ambiente mais restritivo para diversidade de minhocas. As áreas com perturbação recente (capoeira, mas especialmente agricultura) tiveram menor riqueza específica que as florestas, evidenciando a importância da conservação de florestas na Amazônia para a preservação da biodiversidade de minhocas na região.

3.8 REFERÊNCIAS

- ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GOIS, D.T.D.; ALBERTON, J.V.; BARETTA, D. Soil macrofauna as influenced by chemical fertilizers and swine manure use in western Santa Catarina state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 589-598, 2008.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical Soil Biological and Fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Wallingford: CAB International; 1993.
- ARNOT, D.E.; ROPER, C.; BAYOUMI, R.A. Digital codes from hypervariable tandemly repeated DNA sequences in the Plasmodium falciparum circumsporozoite gene can genetically barcode isolates. **Molecular and biochemical parasitology**, v. 61, n. 1, p. 15-24, 1993.
- ARROYO-KALIN, M. The Amazonian formative: crop domestication and anthropogenic soils. **Diversity**, v. 2, n. 4, p. 473-504, 2010.
- BARETTA, D. ;SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA, L.D.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2011; 7: 119-170.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, A.; ROSSI, J.P.; SENAPATI, B.K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. **Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions**. CABI. 1999; 57-85
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 5, p. 338-347, 2002.
- BELYEA, L.R.; LANCASTER, J. Assembly rules within a contingent ecology. **Oikos**, p. 402-416, 1999.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja. 2007; 297-381.
- BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Embrapa, Curitiba. 2007; p. 545.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 339, 2006.
- BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, n. 2, 2010.

BUCKLIN, A.; STEINKE, D.; BLANCO-BERCIAL, L. DNA barcoding of marine metazoa. **Annual Review of Marine Science**, v. 3, p. 471-508, 2011.

COX, A.J. e HEBERT, P.D. Colonization, extinction, and phylogeographic patterning in a freshwater crustacean. **Molecular Ecology**, v. 10, n. 2, p. 371-386, 2001..

CSUZDI, C.; GUEI, M.A.; TONDOH, J.E. New and little known earthworm species from the Mt. Nimba, Guinea (Oligochaeta, Acanthodrilidae: Benhamiinae). **Zootaxa**, v. 2141, n. 5, 2009.

CUNHA, L.; BROWN, G.G.; STANTON, D.W.; da SILVA, E.; HANSEL, F.A.; JORGE, G.; MCKEY, D.; VIDAL-TORRADO, P.; MACEDO, R.S.; VELASQUEZ, E.; JAMES, S.W.; LAVELLE, P.; KILLE, P.; TERRA PRETA DE ÍNDIO NETWORK. Soil animals and pedogenesis: the role of earthworms in anthropogenic soils. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 110-125, 2016.

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; ROUGERIE, R.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. **Applied Soil Ecology**, v. 65, p. 35-42, 2013.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; BROWN, G.G.; CHASSANY, V.; DUBS, F.; DUPON, T. L.; LAPIED, E.; ROUGERIE, R.; ROSSI, J.P.; ROY, V. DNA barcoding reveals diversity patterns of earthworm communities in remote tropical forests of French Guiana. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 92, p. 171-183, 2016.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 2013. 353

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain-forests. *Soil Biology and Biochemistry*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397-1408, 1992.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMENEZ, J.J.; MARTÍNEZ, M.A.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CABI, Wallingford, p. 27-55, 1999.

FRÜND, H.C.; BUTT, K.; CAPOWIEZ, Y.; EISENHAUER, N.; EMMERLING, C.; ERNST, G.; SCHRADER, S. Using earthworms as model organisms in the laboratory: recommendations for experimental implementations. **Pedobiologia**, v. 53, n. 2, p. 119-125, 2010.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (“terra preta de Índio”). **Geochimica et Cosmochimica acta**, v. 82, p. 39-51, 2012.

GROSSMAN, J.M.; O’NEILL, B.E.; TSAI, S.M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMANN, J.; THIES, J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. **Microbial ecology**, v. 60, n. 1, p. 192-205, 2010.

HAMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis, v. 2.10. **Palaeontologia Electronica**, n. 4, 2001.

HEBERT, P.D.; CYWINSKA, A.; BALL, S.L. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313-321, 2003.

HEBERT P.D.; PENTON, E.H.; BURNS, J.M.; JANZEN, D.H.; HALLWACHS, W. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 41, p. 14812-14817, 2004.

JAMES, S.W.; PORCO, D.; DECAËNS, T.; RICHARD, B.; ROUGERIE, R.; ERSÉUS C. DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). **PloS one**, v. 5, n. 12, p. e15629, 2010.

JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; ROSSI, J.P. Soil environmental heterogeneity allows spatial co-occurrence of competitor earthworm species in a gallery forest of the Colombian ‘Llanos’. **Oikos**, v. 121, n. 6, p. 915-926, 2012.

KERN, D.C; D’AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZAO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P.; NEVES, E.G. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon In: **Amazonian Dark Earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 51-75.

KIMURA M. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide-sequences. **Journal of molecular evolution**, v. 16, n. 2, p. 111-120, 1980.

KING, R.A.; TIBBLE, A.L.; SYMONDSON, W.O. Opening a can of worms: unprecedented sympatric cryptic diversity within British lumbricid earthworms. **Molecular ecology**, v. 17, n. 21, p. 4684-4698, 2008.

KLARICA, J.; KLOSS-BRANDSTÄTTER, A.; TRAUOGOTT, M.; JUEN, A. Comparing four mitochondrial genes in earthworms—implications for identification, phylogenetics, and discovery of cryptic species. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 45, p. 23-30, 2012.

LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi: The 7th international symposium on earthworm ecology- Cardiff-Wales. 2002. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 419-427, 2003.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F. E.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European journal of soil biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LETUNIC, I.; BORK, P. Interactive Tree Of Life (iTOL): an online tool for phylogenetic tree display and annotation. **Bioinformatics**, v. 23, n. 1, p. 127-128, 2006.

LUIZÃO, F. J.; FEARNSTIDE, P. M.; CERRI, C. E.; LEHMANN, J. **A Manutenção da Fertilidade do Solo em Sistemas Manejados na Amazônia. Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series, 186, 311-336.

MCMICHAEL, C.; PALACE, M.; BUSH, M.; BRASWELL, B.; HAGEN, S.; NEVES, E.; SILMAN, M.; TAMANAHA, E.; CZARNECKI, C. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1777, p. 20132475, 2014.

MEYER, C.P.; PAULAY, G. DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. **PLoS biology**, v. 3, n. 12, p. e422, 2005.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.

NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N.; da SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: **Amazonian dark earths**. Springer; 2003. pp. 29-50

NOVO, M.; ALMODOVAR, A.; FERNANDEZ, R.; TRIGO, D.; DÍAZ, D.J. Cryptic speciation of hormogastrid earthworms revealed by mitochondrial and nuclear data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 56, n. 1, p. 507-512, 2010.

OMODEO P. Oligochetes. La reserve naturelle integrale du Mont Nimba. In: **Memoire de l'Institut francais d'Afrique noire**, vol. 53. 1958; pp. 9-109

O'NEILL, B.; GROSSMAN, J.; TSAI, M.T.; GOMES, J.E.; LEHMANN, J.; PETERSON, J.; THIES, J.E. Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. **Microbial ecology**, v. 58, n. 1, p. 23-35, 2009.

PULLANDRE, N.; LAMBERT, A.; BROUILLET, S.; ACHAZ, G. ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. **Molecular ecology**, v. 21, n. 8, p. 1864-1877, 2012.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PERES, G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an

overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 529-538, 2012.

QIAGEN. DNeasy Blood e Tissue. In: **DNeasy Blood & Tissue Handbook**. 2006.

RICHARD, B.; DECAENS, T.; ROUGERIE, R.; JAMES, S.W.; PORCO, D.; HEBERT, P.D.N. Reintegrating earthworm juveniles into soil biodiversity studies: species identification through DNA barcoding. **Molecular ecology resources**, v. 10, n. 4, p. 606-614, 2010.

ROUGERIE, R.; DECAËNS, T.; DEHARVENG, L.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; CHANG, C.H.; RICHARD, B.; POTAPOV, M.; SUHARDJONO, Y.; HEBERT, P.D. DNA barcodes for soil animal taxonomy. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 789-802, 2009.

RUTGERS, M.; ORGIAZZI, A.; GARDI, C.; RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; KEITH, A.M.; BLACKSHAW, R.P. Mapping earthworm communities in Europe. **Applied soil ecology**, v. 97, p. 98-111, 2016.

SAYER, C.D.; BURGESS, A.M.Y.; KARI, K.; DAVIDSON, T.A.; PEGLAR, S.; YANG, H.; ROSE, N. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 3, p. 565-583, 2010.

SILVA, F.D.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

STOECKLE, M.Y.; HEBERT, P.D. Barcode of life. *Scientific American*. **Scientific American**, v. 299, n. 4, p. 82-89, 2008.

THOMPSON, J.D.; HIGGINS, D.G.; GIBSON, T.J. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Res**, v. 22, p. 4673-4680, 1994.

TROGELLO, E.; TROGELLO, A.G.; SILVEIRA, E.R. Avaliação da fauna do solo em diferentes sistemas de cultivo, milho orgânico e milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, 2008.

WIEMERS, M. E.; FIEDLER, K. Does the DNA barcoding gap exist?—a case study in blue butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae). **Frontiers in zoology**, v. 4, n. 1, p. 8, 2007.

4 CONCLUSÃO GERAL

Tanto para macrofauna total do solo como apenas para as minhocas a riqueza nos solos com Terra Preta de Índio mostrou-se distinta quando comparada com os solos adjacentes, mas variando de acordo com o local e dependendo da cobertura vegetal.

A perturbação recente do solo mostrou ser um fator limitante para a diversidade da macrofauna do solo sendo as áreas preservadas mais diversas mostrando a importância da conservação das florestas para a conservação da biodiversidade do solo.

As Terra Preta de Índio apresentaram ter um identidade única e divergente das áreas adjacentes em relação à macrofauna do solo, sendo mais estudo necessários para melhor compreender sua relação com o manejo sustentável desses solos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a fauna do solo em Terra Preta de Índio deve auxiliar a esclarecer seu papel potencial nas propriedades do solo e a sua relação com o manejo e uso sustentável. Assim, mais estudos devem ser feitos sobre a macrofauna do solo na Amazônia para melhor conhecer sua biodiversidade e sua relação com a Terra Preta de Índio.

6 REFERÊNCIAS

- ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GOIS, D.T.D.; ALBERTON, J.V.; BARETTA, D. Soil macrofauna as influenced by chemical fertilizers and swine manure use in western Santa Catarina state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 589-598, 2008.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical Soil Biological and Fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Wallingford: CAB International; 1993.
- ARNOT, D.E.; ROPER, C.; BAYOUMI, R.A. Digital codes from hypervariable tandemly repeated DNA sequences in the Plasmodium falciparum circumsporozoite gene can genetically barcode isolates. **Molecular and biochemical parasitology**, v. 61, n. 1, p. 15-24, 1993.
- ARROYO-KALIN, M. The Amazonian formative: crop domestication and anthropogenic soils. **Diversity**, v. 2, n. 4, p. 473-504, 2010.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA, L.D.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2011; 7: 119-170.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, A.; ROSSI, J.P.; SENAPATI, B.K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. **Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions**. CABI. 1999; 57-85
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 5, p. 338-347, 2002.
- BELYEA, L.R.; LANCASTER, J. Assembly rules within a contingent ecology. **Oikos**, p. 402-416, 1999.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja. 2007; 297-381.
- BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Embrapa, Curitiba. 2007; p. 545.
- BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 339, 2006.

BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, n. 2, 2010.

BUCKLIN, A.; STEINKE, D.; BLANCO-BERCIAL, L. DNA barcoding of marine metazoa. **Annual Review of Marine Science**, v. 3, p. 471-508, 2011.

COX, A.J. e HEBERT, P.D. Colonization, extinction, and phylogeographic patterning in a freshwater crustacean. **Molecular Ecology**, v. 10, n. 2, p. 371-386, 2001..

CSUZDI, C.; GUEI, M.A.; TONDOH, J.E. New and little known earthworm species from the Mt. Nimba, Guinea (Oligochaeta, Acanthodrilidae: Benhamiinae). **Zootaxa**, v. 2141, n. 5, 2009.

CUNHA, L.; BROWN, G.G.; STANTON, D.W.; da SILVA, E.; HANSEL, F.A.; JORGE, G.; MCKEY, D.; VIDAL-TORRADO, P.; MACEDO, R.S.; VELASQUEZ, E.; JAMES, S.W.; LAVELLE, P.; KILLE, P.; TERRA PRETA DE ÍNDIO NETWORK. Soil animals and pedogenesis: the role of earthworms in anthropogenic soils. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 110-125, 2016.

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; ROUGERIE, R.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. **Applied Soil Ecology**, v. 65, p. 35-42, 2013.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; BROWN, G.G., CHASSANY, V.; DUBS, F.; DUPON, T. L.; LAPIED, E.; ROUGERIE, R.; ROSSI, J.P.; ROY, V. DNA barcoding reveals diversity patterns of earthworm communities in remote tropical forests of French Guiana. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 92, p. 171-183, 2016.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 2013. 353

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain-forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397-1408, 1992.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMENEZ, J.J.; MARTÍNEZ, M.A.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CABI, Wallingford, p. 27-55, 1999.

FRÜND, H.C.; BUTT, K.; CAPOWIEZ, Y.; EISENHAUER, N.; EMMERLING, C.; ERNST, G.; SCHRADER, S. Using earthworms as model organisms in the

laboratory: recommendations for experimental implementations. **Pedobiologia**, v. 53, n. 2, p. 119-125, 2010.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (“terra preta de Índio”). **Geochimica et Cosmochimica acta**, v. 82, p. 39-51, 2012.

GROSSMAN, J.M.; O'NEILL, B.E.; TSAI, S.M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMANN, J.; THIES, J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. **Microbial ecology**, v. 60, n. 1, p. 192-205, 2010.

HAMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis, v. 2.10. **Palaeontologia Electronica**, n. 4, 2001.

HEBERT, P.D.; CYWINSKA, A.; BALL, S.L. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313-321, 2003.

HEBERT P.D.; PENTON, E.H.; BURNS, J.M.; JANZEN, D.H.; HALLWACHS, W. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 41, p. 14812-14817, 2004.

JAMES, S.W.; PORCO, D.; DECAËNS, T.; RICHARD, B.; ROUGERIE, R.; ERSÉUS C. DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). **PloS one**, v. 5, n. 12, p. e15629, 2010.

JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; ROSSI, J.P. Soil environmental heterogeneity allows spatial co-occurrence of competitor earthworm species in a gallery forest of the Colombian ‘Llanos’. **Oikos**, v. 121, n. 6, p. 915-926, 2012.

KERN, D.C; D'AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZAO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P.; NEVES, E.G. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon In: **Amazonian Dark Earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 51-75.

KIMURA M. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide-sequences. **Journal of molecular evolution**, v. 16, n. 2, p. 111-120, 1980.

KING, R.A.; TIBBLE, A.L.; SYMONDSON, W.O. Opening a can of worms: unprecedented sympatric cryptic diversity within British lumbricid earthworms. **Molecular ecology**, v. 17, n. 21, p. 4684-4698, 2008.

KLARICA, J.; KLOSS-BRANDSTÄTTER, A.; TRAUGOTT, M.; JUEN, A. Comparing four mitochondrial genes in earthworms—implications for identification, phylogenetics, and discovery of cryptic species. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 45, p. 23-30, 2012.

LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi: The 7th international symposium on earthworm ecology- Cardiff-Wales. 2002. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 419-427, 2003.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F. E.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European journal of soil biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LETUNIC, I.; BORK, P. Interactive Tree Of Life (iTOL): an online tool for phylogenetic tree display and annotation. **Bioinformatics**, v. 23, n. 1, p. 127-128, 2006.

LUIZÃO, F. J.; FEARNside, P. M.; CERRI, C. E.; LEHMANN, J. **A Manutenção da Fertilidade do Solo em Sistemas Manejados na Amazônia. Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series, 186, 311-336.

MCMICHAEL, C.; PALACE, M.; BUSH, M.; BRASWELL, B.; HAGEN, S.; NEVES, E.; SILMAN, M.; TAMANAHA, E.; CZARNECKI, C. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1777, p. 20132475, 2014.

MEYER, C.P.; PAULAY, G. DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. **PLoS biology**, v. 3, n. 12, p. e422, 2005.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.

NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N.; da SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: **Amazonian dark earths**. Springer; 2003. pp. 29-50

NOVO, M.; ALMODOVAR, A.; FERNANDEZ, R.; TRIGO, D.; DÍAZ, D.J. Cryptic speciation of hormogastrid earthworms revealed by mitochondrial and nuclear data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 56, n. 1, p. 507-512, 2010.

OMODEO P. Oligochetes. La reserve naturelle integrale du Mont Nimba. In: **Memoire de l'Institut francais d'Afrique noire**, vol. 53. 1958; pp. 9-109

O'NEILL, B.; GROSSMAN, J.; TSAI, M.T.; GOMES, J.E.; LEHMANN, J.; PETERSON, J.; THIES, J.E. Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. **Microbial ecology**, v. 58, n. 1, p. 23-35, 2009.

PULLANDRE, N.; LAMBERT, A.; BROUILLET, S.; ACHAZ, G. ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. **Molecular ecology**, v. 21, n. 8, p. 1864-1877, 2012.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PERES, G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 529-538, 2012.

QIAGEN. DNeasy Blood e Tissue. In: **DNeasy Blood & Tissue Handbook**. 2006.

RICHARD, B.; DECAENS, T.; ROUGERIE, R.; JAMES, S.W.; PORCO, D.; HEBERT, P.D.N. Reintegrating earthworm juveniles into soil biodiversity studies: species identification through DNA barcoding. **Molecular ecology resources**, v. 10, n. 4, p. 606-614, 2010.

ROUGERIE, R.; DECAËNS, T.; DEHARVENG, L.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; CHANG, C.H.; RICHARD, B.; POTAPOV, M.; SUHARDJONO, Y.; HEBERT, P.D. DNA barcodes for soil animal taxonomy. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 789-802, 2009.

RUTGERS, M.; ORGIAZZI, A.; GARDI, C.; RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; KEITH, A.M.; BLACKSHAW, R.P. Mapping earthworm communities in Europe. **Applied soil ecology**, v. 97, p. 98-111, 2016.

SAYER, C.D.; BURGESS, A.M.Y.; KARI, K.; DAVIDSON, T.A.; PEGLAR, S.; YANG, H.; ROSE, N. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 3, p. 565-583, 2010.

SILVA, F.D.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

STOECKLE, M.Y.; HEBERT, P.D. Barcode of life. Scientific American. **Scientific American**, v. 299, n. 4, p. 82-89, 2008.

THOMPSON, J.D.; HIGGINS, D.G.; GIBSON, T.J. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Res**, v. 22, p. 4673-4680, 1994.

TROGELLO, E.; TROGELLO, A.G.; SILVEIRA, E.R. Avaliação da fauna do solo em diferentes sistemas de cultivo, milho orgânico e milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, 2008.

WIEMERS, M. E.; FIEDLER, K. Does the DNA barcoding gap exist?—a case study in blue butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae). **Frontiers in zoology**, v. 4, n. 1, p. 8, 2007.

7 CONCLUSÃO GERAL

Tanto para macrofauna total do solo como apenas para as minhocas a riqueza nos solos com Terra Preta de Índio mostrou-se distinta quando comparada com os solos adjacentes, mas variando de acordo com o local e dependendo da cobertura vegetal.

A perturbação recente do solo mostrou ser um fator limitante para a diversidade da macrofauna do solo sendo as áreas preservadas mais diversas mostrando a importância da conservação das florestas para a conservação da biodiversidade do solo.

As Terra Preta de Índio apresentaram ter um identidade única e divergente das áreas adjacentes em relação à macrofauna do solo, sendo mais estudo necessários para melhor compreender sua relação com o manejo sustentável desses solos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento sobre a fauna do solo em Terra Preta de Índio deve auxiliar a esclarecer seu papel potencial nas propriedades do solo e a sua relação com o manejo e uso sustentável. Assim, mais estudos devem ser feitos sobre a macrofauna do solo na Amazônia para melhor conhecer sua biodiversidade e sua relação com a Terra Preta de Índio.

9 REFERÊNCIAS

- ALVES, M.V.; SANTOS, J.C.P.; GOIS, D.T.D.; ALBERTON, J.V.; BARETTA, D. Soil macrofauna as influenced by chemical fertilizers and swine manure use in western Santa Catarina state, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 589-598, 2008.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S.I. **Tropical soil biology and fertility**. Wallingford: CAB international, 1989.
- ARNOT, D.E.; ROPER, C.; BAYOUMI, R.A. Digital codes from hypervariable tandemly repeated DNA sequences in the Plasmodium falciparum circumsporozoite gene can genetically barcode isolates. **Molecular and biochemical parasitology**, v. 61, n. 1, p. 15-24, 1993.
- ARROYO-KALIN, M. The Amazonian formative: crop domestication and anthropogenic soils. **Diversity**, v. 2, n. 4, p. 473-504, 2010.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. **Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC**, p. 363-443, 1997.
- BARBER, C.P.; COCHRANE, M.A.; SOUZA, Jr. C.M. ; LAURANCE, W.F. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. **Biological conservation**, v. 177, p. 203-209, 2014.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; OLIVEIRA, L.C.; ALVES, M.V. **Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTINEZ, A.; ROSSI, J.P.; SENAPATI, B.K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS, L.; BROWN, G.; MORENO, A. **Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions**. CABI. 1999.
- BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, S.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. UFLA, 2008.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, n. 3, p. 273, 2003.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 5, p. 338-347, 2002.

BELYEA, L.R.; LANCASTER, J. Assembly rules within a contingent ecology. **Oikos**, p. 402-416, 1999.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja. 2007; 297-381.

BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, n. 2, 2010.

BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Embrapa, Curitiba. 2007; p. 545.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; PASINI, A.; NUNES, D.H.; BENITO, N.P.; MARTINS, P.T.; SAUTTER, K.D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 339, 2006.

BROWN, G.G.; NIVAN, C.C.; ZAGATTO, M.R.G.; FERREIRA, S.D.A.; NADOLNY, H.S.; CARDOSO, G.B.X; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.A.; PASINI, A.; BARTZ, M.L.C.; SAUTTER, K.D.; THOMAZINI, M.J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z.I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; SOUSA, J.P.; CARVALHO, F.. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: ARRON L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G.; PRADO, R.B. (ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 122-154.

BUCKLIN, A.; STEINKE, D.; BLANCO-BERCIAL, L. DNA barcoding of marine metazoa. **Annual Review of Marine Science**, v. 3, p. 471-508, 2011.

COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P. F. Decomposition and nutrient cycling. **Fundamentals of Soil Ecology**. Academic Press, Inc., San Diego, California, p. 109-139, 1996.

CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. Diversidade de Cupins (Insecta: Isoptera) no Brasil. **Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros**, p. 278-297, 2008.

CONTI, J.B.; FURLAN, A.S.; SCARLATO, S. **Clima e o meio ambiente**. 3ª. Ed. São Paulo: Atual, 1998.

CORDEIRO, F.; DIAS, F.C.; MERLIM, A.O.; CORREIA, M.E.F.; AQUINO, A.M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, v. 24, p. 29-34, 2004.

CORREA, M.M.; FERNANDES, W.D.; LEAL, I.R. Diversidade de formigas epigéicas (Hymenoptera: Formicidae) em capões do Pantanal Sul Matogrossense: relações entre riqueza de espécies e complexidade estrutural da área. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 724-730, 2006.

COSTA P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Embrapa Roraima, 2004.

COX, A.J.; HEBERT, P.D. Colonization, extinction, and phylogeographic patterning in a freshwater crustacean. **Molecular Ecology**, v. 10, n. 2, p. 371-386, 2001..

CSUZDI, C.; GUEI, M.A.; TONDOH, J.E. New and little known earthworm species from the Mt. Nimba, Guinea (Oligochaeta, Acanthodrilidae: Benhamiinae). **Zootaxa**, v. 2141, n. 5, 2009.

CUNHA, L.; BROWN, G.G.; STANTON, D.W.; da SILVA, E.; HANSEL, F.A.; JORGE, G.; MCKEY, D.; VIDAL-TORRADO, P.; MACEDO, R.S.; VELASQUEZ, E.; JAMES, S.W.; LAVELLE, P.; KILLE, P.; TERRA PRETA DE ÍNDIO NETWORK. Soil animals and pedogenesis: the role of earthworms in anthropogenic soils. **Soil Science**, v. 181, n. 3/4, p. 110-125, 2016.

DAVIDSON, D.W. The role of resource imbalances in the evolutionary ecology of tropical arboreal ants. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 61, n. 2, p. 153-181, 1997

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 103, n. 2, p. 301-312, 2004.

DECAENS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; GIOIA, C.; MEASEY, G.J.; LAVELLE, P. The values of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S23-S38, 2006.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; BROWN, G.G.; CHASSANY, V.; DUBS, F.; DUPON, T. L.; LAPIED, E.; ROUGERIE, R.; ROSSI, J.P.; ROY, V. DNA barcoding reveals diversity patterns of earthworm communities in remote tropical forests of French Guiana. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 92, p. 171-183, 2016.

DECAËNS, T.; PORCO, D.; ROUGERIE, R.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. **Applied Soil Ecology**, v. 65, p. 35-42, 2013.

DELABIE, J.H.C.; PAIM, V.R.L.M.; NASCIMENTO, I.C.; CAMPIOLO, S.; MARIANO, C.S.F. As formigas como indicadores biológicos do impacto humano em manguezais da costa sudeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 5, p. 602-615, 2006.

DUNXIAO, H.; CHUNRU, H.; YALING, X.; BANWANG, H.; LIYUAN, H.; PAOLETTI, M.G. Relationship between soil arthropods and soil properties in a suburb of

Qianjiang City, Hubei, China. **Critical reviews in plant sciences**, v. 18, n. 3, p. 467-473, 1999.

EDGECOMBE, G.D.; GIRIBET, G. Evolutionary biology of centipedes (Myriapoda: Chilopoda). **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 151-170, 2007.

EKSCHMITT, K.; WOLTERS, V.; WEBER, M. Spiders, carabids, and staphylinids: the ecological potential of predatory macroarthropods **Fauna in soil ecosystems**. CRC Press, 1997. p. 321-376.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, Embrapa, 2013.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain-forests. Soil Biology and Biochemistry. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397-1408, 1992.

FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.K.; JIMENEZ, J.J.; MARTÍNEZ, M.A.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CABI, Wallingford, p. 27-55, 1999.

FRÜND, H.C.; BUTT, K.; CAPOWIEZ, Y.; EISENHAUER, N.; EMMERLING, C.; ERNST, G.; SCHRADER, S. Using earthworms as model organisms in the laboratory: recommendations for experimental implementations. **Pedobiologia**, v. 53, n. 2, p. 119-125, 2010.

GIRACCA, E.M.; ANTONIOLLI, Z.; ELTZ, F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S.; BENEDETTI, T. Levantamento da meso e macrofauna do solo na microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 3, 2003.

GLASER, B. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 187-196, 2007.

GLASER, B.; BIRK, J.J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (“terra preta de Índio”). **Geochimica et Cosmochimica acta**, v. 82, p. 39-51, 2012.

GROSSMAN, J.M.; O'NEILL, B.E.; TSAI, S.M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMANN, J.; THIES, J.E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. **Microbial ecology**, v. 60, n. 1, p. 192-205, 2010.

HAIFIG, I.; COSTA-LEONARDO; A.M.; MARCHETTI, F.F. Effects of nutrients on feeding activities of the pest termite *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 132, n. 6, p. 497-501, 2008.

HAMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis, v. 2.10. **Palaeontologia Electronica**, n. 4, 2001.

HEBERT P.D.; PENTON, E.H.; BURNS, J.M.; JANZEN, D.H.; HALLWACHS, W. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astrartes fulgerator*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. 41, p. 14812-14817, 2004.

HEBERT, P.D.; CYWINSKA, A.; BALL, S.L. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1512, p. 313-321, 2003.

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: [http:// https://ww2.ibge.gov.br/21052004biomashtml.shtm](http://https://ww2.ibge.gov.br/21052004biomashtml.shtm). Acesso em: 30 de novembro 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES – Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite**. Disponível em: www.obt.inpe.br/prodes; Acessado em: 22 de novembro 2017.

JAMES, S.W.; PORCO, D.; DECAËNS, T.; RICHARD, B.; ROUGERIE, R.; ERSÉUS C. DNA barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). **PloS one**, v. 5, n. 12, p. e15629, 2010.

JIMENEZ, J.J.; DECAENS, T.; ROSSI, J.P. Soil environmental heterogeneity allows spatial co-occurrence of competitor earthworm species in a gallery forest of the Colombian ‘Llanos’. **Oikos**, v. 121, n. 6, p. 915-926, 2012.

KERN, D.C.; COSTA, M.L. Composição química de solos antropogênicos desenvolvidos em Latossolo Amarelo derivados de lateritos. **Geociências**, v. 16, n. 1, p. 157-175, 1997.

KERN, D.C.; D’AQUINO, G.; RODRIGUES, T.E.; FRAZAO, F.J.L.; SOMBROEK, W.; MYERS, T.P.; NEVES, E.G. Distribution of Amazonian dark earths in the Brazilian Amazon. In: LEHMANN, J.; KERN, D.C.; GLASER, B.; WODOS, W.I. (ed.). **Amazonian Dark Earths**. Dordrecht, Springer; 2003. p. 51-75.

KIMURA M. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide-sequences. **Journal of molecular evolution**, v. 16, n. 2, p. 111-120, 1980.

KING, R.A.; TIBBLE, A.L.; SYMONDSON, W.O. Opening a can of worms: unprecedented sympatric cryptic diversity within British lumbricid earthworms. **Molecular ecology**, v. 17, n. 21, p. 4684-4698, 2008.

KLARICA, J.; KLOSS-BRANDSTÄTTER, A.; TRAUGOTT, M.; JUEN, A. Comparing four mitochondrial genes in earthworms—implications for identification, phylogenetics, and discovery of cryptic species. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 45, p. 23-30, 2012.

KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. In: **Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes**. 1999. p. 187-228.

LATTKE, J.E. **Revisión del género Gnamptogenys Mayr en Venezuela (Hymenoptera, Formicidae)**. Fundación Terramar, 1990.

LAURANCE, W.F.; COCHRANE, M.A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P.M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. Environment: the future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, n. 5503, p. 438-439, 2001.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O.W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystems engineers. **European Journal of Soil Biology (France)**, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European journal of soil biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.

LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi: The 7th international symposium on earthworm ecology- Cardiff-Wales. 2002. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 419-427, 2003.

LETUNIC, I.; BORK, P. Interactive Tree Of Life (iTOL): an online tool for phylogenetic tree display and annotation. **Bioinformatics**, v. 23, n. 1, p. 127-128, 2006.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. How many species are there in Brazil?. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.

LIMA, J.T.; COSTA-LEONARDO, A.M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica**, 2007.

LUIZÃO, F. J.; FEARNSIDE, P. M.; CERRI, C. E.; LEHMANN, J. **A Manutenção da Fertilidade do Solo em Sistemas Manejados na Amazônia. Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series, 186, 311-336.

MATHIEU, J.; GRIMALDI, M.; JOUQUET, P.; ROULAND, C.; LAVELLE, P.; DESJARDINS, T.; ROSSI, J.P. Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 3, p. 586-593, 2009.

MATHIEU, J.; ROSSI, J.P.; MORA, P.; LAVELLE, P.; MARTINS, P.D.S.; ROULAND, C.; GRIMALDI, M. Recovery of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. **Conservation Biology**, v. 19, n. 5, p. 1598-1605, 2005.

MCMICHAEL, C.; PALACE, M.; BUSH, M.; BRASWELL, B.; HAGEN, S.; NEVES, E.; SILMAN, M.; TAMANAHA, E.; CZARNECKI, C. Predicting pre-Columbian anthropogenic soils in Amazonia. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1777, p. 20132475, 2014.

MEYER, C.P.; PAULAY, G. DNA barcoding: error rates based on comprehensive sampling. **PLoS biology**, v. 3, n. 12, p. e422, 2005.

MILHOMEM, M.S.; MELLO, F.Z.V.; DINIZ, I.R. Técnicas de coleta de besouros copronecrófagos no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 11, p. 1249-1256, 2003.

MYERS, T.P.; DENEVAN, W.M.; WINKLERPRINS, A.; PORRO, A. Historical perspectives on Amazonian dark earths. In: **Amazonian Dark Earths**. Springer, Dordrecht, 2003. p. 15-28.

MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, 2005.

NEVES, E.G.; PETERSEN, J.B.; BARTONE, R.N.; da SILVA, C.A. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: **Amazonian dark earths**. Springer; 2003. p. 29-50.

NOVO, M.; ALMODOVAR, A.; FERNANDEZ, R.; TRIGO, D.; DÍAZ, D.J. Cryptic speciation of hormogastrid earthworms revealed by mitochondrial and nuclear data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 56, n. 1, p. 507-512, 2010.

O'NEILL, B.; GROSSMAN, J.; TSAI, M.T.; GOMES, J.E.; LEHMANN, J.; PETERSON, J.; THIES, J.E. Bacterial community composition in Brazilian anthrosols and adjacent soils characterized using culturing and molecular identification. **Microbial ecology**, v. 58, n. 1, p. 23-35, 2009.

OMODEO P. Oligochetes. La reserve naturelle integrale du Mont Nimba. In: **Memoire de l'Institut francais d'Afrique noire**, vol. 53. 1958; pp. 9-109
PIRON, D.; BOIZARD, H.; HEDDADJ, D.; PÉRÈS, G.; HALLAIRE, V.; CLUZEAU, D. Indicators of earthworm bioturbation to improve visual assessment of soil structure. **Soil and Tillage Research**, v. 173, p. 53-63, 2017.

PRATT, S.C. Ecology and behavior of *Gnamptogenys horni* (Formicidae: Ponerinae). **Insectes sociaux**, v. 41, n. 3, p. 255-262, 1994.

PULLANDRE, N.; LAMBERT, A.; BROUILLET, S.; ACHAZ, G. ABGD, Automatic Barcode Gap Discovery for primary species delimitation. **Molecular ecology**, v. 21, n. 8, p. 1864-1877, 2012.

PULLEMAN, M.; CREAMER, R.; HAMER, U.; HELDER, J.; PELOSI, C.; PERES, G.; RUTGERS, M. Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services-an overview of European approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 4, n. 5, p. 529-538, 2012.

QIAGEN. DNeasy Blood e Tissue. In: **DNeasy Blood & Tissue Handbook**. 2006.

RICHARD, B.; DECAENS, T.; ROUGERIE, R.; JAMES, S.W.; PORCO, D.; HEBERT, P.D.N. Reintegrating earthworm juveniles into soil biodiversity studies: species

identification through DNA barcoding. **Molecular ecology resources**, v. 10, n. 4, p. 606-614, 2010.

RIUTTA, T.; SLADE, E.M.; BEBBER, D.P.; TAYLOR, M.E.; MALHI, Y.; RIORDAN, P.; MORECROFT, M.D. Experimental evidence for the interacting effects of forest edge, moisture and soil macrofauna on leaf litter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 49, p. 124-131, 2012.

ROUGERIE, R.; DECAËNS, T.; DEHARVENG, L.; PORCO, D.; JAMES, S.W.; CHANG, C.H.; RICHARD, B.; POTAPOV, M.; SUHARDJONO, Y.; HEBERT, P.D. DNA barcodes for soil animal taxonomy. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 789-802, 2009.

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.

RUTGERS, M.; ORGIAZZI, A.; GARDI, C.; RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; KEITH, A.M.; BLACKSHAW, R.P. Mapping earthworm communities in Europe. **Applied soil ecology**, v. 97, p. 98-111, 2016.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v. 216, n. 4548, p. 821-827, 1982.

SAYER, C.D.; BURGESS, A.M.Y.; KARI, K.; DAVIDSON, T.A.; PEGLAR, S.; YANG, H.; ROSE, N. Long-term dynamics of submerged macrophytes and algae in a small and shallow, eutrophic lake: implications for the stability of macrophyte-dominance. **Freshwater Biology**, v. 55, n. 3, p. 565-583, 2010.

SCHIEDECK, G.; SCHIAVON, G.A.; MAYER, F.A.; DE LIMA, A.C.R. Percepção de agricultores sobre o papel das minhocas nos agroecossistemas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

SILVA, D.; CODDINGTON, J.A. Spider of Paktiza (Madre de Dios, Peru): richness and notes on community structure. In: Wilson, D.E.; Sandoval, A. (Ed.). **Manu: the biodiversity of Southeastern Peru**. Smithsonian Institution, 1996. p. 253-311.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

STELLIN, F.; GAVINELLI, F.; STEVANATO, P.; CONCHERI, G.; SQUARTINI, A.; PAOLETTI, M.G. Effects of different concentrations of glyphosate (Roundup 360®)

on earthworms (*Octodrilus complanatus*, *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa*) in vineyards in the North-East of Italy. **Applied Soil Ecology**, 2017.

STOECKLE, M.Y.; HEBERT, P.D. Barcode of life. *Scientific American*. **Scientific American**, v. 299, n. 4, p. 82-89, 2008.

THOMPSON, J.D.; HIGGINS, D.G.; GIBSON, T.J. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. **Nucleic Acids Res**, v. 22, p. 4673-4680, 1994.

TROGELLO, E.; TROGELLO, A.G.; SILVEIRA, E.R. Avaliação da fauna do solo em diferentes sistemas de cultivo, milho orgânico e milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. S1, 2008.

WIEMERS, M. E.; FIEDLER, K. Does the DNA barcoding gap exist?—a case study in blue butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae). **Frontiers in zoology**, v. 4, n. 1, p. 8, 2007.

WINK, C.; GUEDES, J.V.C.; FAGUNDES, C.K.; ROVEDDER, A.P. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 4, n. 1, p. 60-71, 2005.

WOODS, W.I.; MCCANN, J.M. The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths **Yearbook. Conference of latin americanist Geographers**. Conference of Latin Americanist Geographers, 1999. p. 7-14.

APÊNDICE 1 – MORFOESPÉCIES ENCONTRADAS NAS ÁREAS DE ESTUDO*.

Morfortipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Formicidae M1												S						
Formicidae M2												S						
Formicidae M3												S						
Formicidae M4																	U	
Formicidae M5	X		X														X	
Formicidae M6												X			X			
Formicidae M7	X														X			
Formicidae M8													S					
Formicidae M9											S							
Formicidae M10								S										
Formicidae M11			X									X						
Formicidae M12			X	X				X		X	X							X
Formicidae M13	U																	
Formicidae M14	X				X	X	X							X	X	X		
Formicidae M15						S												
Formicidae M16					U													
Formicidae M17		X				X				X	X	X		X	X			
Formicidae M18							X							X	X			
Formicidae M19															S			
Formicidae M20					X							X						
Formicidae M21	S																	
Formicidae M22															S			

* Onde o X determina a presença da morfoespécie, S são os “singleton” onde há só um indivíduo nas amostras e o U são os “únicos” onde os indivíduos presentes estão em apenas aquele local. IA-ADJ (Iranduba Agricultura-Adjacente), BA-ADJ (Belterra Agricultura-Adjacente), PA-ADJ (porto velho agricultura-adjacente), IA-TPI (Iranduba Agricultura-TPI), BA-TPI (Belterra Agricultura-TPI), PA-TPI (Porto Velho Agricultura-TPI), IC- ADJ (Iranduba Capoeira- Adjacente), PC1-ADJ (Porto Velho Capoeira-Adjacente), PC2-ADJ (Porto Velho capoeira-Adjacente), IC- TPI (Iranduba Capoeira- TPI), PC1-ADJ (Porto Velho Capoeira-TPI), PC2-TPI (Porto Velho Capoeira-TPI), IF-ADJ (Iranduba Floresta- Adjacente), BF1-ADJ (Belterra Floresta- Adjacente), BF2-ADJ (Belterra Floresta- Adjacente), IF-TPI (Iranduba Floresta- TPI), BF1-TPI (Belterra Floresta- TPI), BF2-TPI (Belterra Floresta- TPI).

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Formicidae M160							S											U
Formicidae M161							X											X
Formicidae M162																		U
Formicidae M164	U																	
Formicidae M165	X					X												
Formicidae M166	X					X		X										
Formicidae M167	X			X				X										
Formicidae M168									X		X			X				
Formicidae M169									X			X			X			
Formicidae M170												X					X	
Formicidae M171																S		
Formicidae M172																X	X	
Formicidae M173																S		
Formicidae M174					X								X					
Formicidae M175													S					
Formicidae M176					S													
Formicidae M177	X					X												
Formicidae M178					U													
Formicidae M179																	S	
Formicidae M180																	U	
Formicidae M181																	U	
Formicidae M182																	S	
Formicidae M183																	S	
Formicidae M184	X					X												
Formicidae M185														S				
Formicidae M186									X			X						
Formicidae M187									X			X						
Isoptera M1			X											X				
Isoptera M2			X						X	X		X	X	X	X		X	
Isoptera M3													X			X		
Isoptera M4							X					X						
Isoptera M5			X										X	X				
Isoptera M6								X										X
Isoptera M7	U																	
Isoptera M8			X											X				
Isoptera M9								X										X
Isoptera M10							U											
Isoptera M11			X											X		X		
Isoptera M12								U										U
Isoptera M13	U												U					
Isoptera M14													U					
Isoptera M15							X		X			X			X			
Isoptera M16											U							
Isoptera M17								X					X					X
Isoptera M18													U					

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Isoptera M19												U						
Isoptera M20													U					
Isoptera M22									X						X			
Isoptera M24	X															X		
Isoptera M25	X		X				X	X	X		X	X	X	X	X		X	
Isoptera M26	S																	
Isoptera M27													S					
Isoptera M28	U																	
Isoptera M29	U																	
Isoptera M30			X											X				
Isoptera M31								X								X		
Isoptera M32			X											X				
Oligochaeta M1		X									X							
Oligochaeta M2		U																
Oligochaeta M3	X		X		X	X	X			X			X			X	X	X
Oligochaeta M4		X					X											X
Oligochaeta M5							U											
Oligochaeta M6							S											U
Oligochaeta M7							X											X
Oligochaeta M8																		U
Oligochaeta M9					U													
Oligochaeta M10	U																	
Oligochaeta M11	X					X												
Oligochaeta M12	X					X		X										
Oligochaeta M13	X			X				X										
Oligochaeta M14									X		X			X				
Oligochaeta M15									X			X			X			
Oligochaeta M16												X				X		
Oligochaeta M17															S			
Oligochaeta M18															X	X		
Oligochaeta M19															S			
Oligochaeta M20					X								X					
Oligochaeta M21													S					
Oligochaeta M22					S													
Oligochaeta M23	X					X												
Oligochaeta M24					U													
Oligochaeta M25																	S	
Oligochaeta M26																	U	
Oligochaeta M27																	U	
Oligochaeta M28																	S	
Oligochaeta M29																	S	
Oligochaeta M30	X					X												
Oligochaeta M31														S				
Oligochaeta M32									X			X						
Oligochaeta M33									X			X						

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Coleoptero Larva M41				U														
Coleoptero Larva M42														S				
Coleoptero Larva M43			X			X												
Coleoptero Larva M44									S									
Coleoptero Larva M45															S			
Coleoptero Larva M46									S									
Coleoptero Larva M47						S												
Coleoptero Larva M48						U												
Coleoptero Larva M49																	S	
Coleoptero Larva M50						U												
Coleoptero Larva M51	X								X									
Coleoptero Larva M52												X					X	
Coleoptero Larva M53																	U	
Coleoptero Larva M54	S																	
Coleoptero Larva M55				S														
Coleoptero Larva M56								S										
Coleoptero Larva M57														U				
Coleoptero Larva M58									S									
Coleoptero Larva M59												U						
Coleoptero Larva M60												S						
Coleoptero Larva M61												X					X	
Coleoptero Larva M62												S						
Coleoptero Larva M63												S						
Coleoptero Larva M64																	S	
Coleoptero Pulpa M1													U					
Coleoptero Pulpa M2																		S
Coleoptero Pulpa M3			S															
Coleoptero Pulpa M4													S					
Araneae M1							S											
Araneae M2							S											
Araneae M3																		S
Araneae M4																		S
Araneae M5										S								
Araneae M6										S								
Araneae M7		S								S								
Araneae M8		S																
Araneae M9		S																
Araneae M10													S					
Araneae M11													S					

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Blattaria M23												X			X			
Blattaria M24															S			
Blattaria M25												S						
Blattaria M26												S						
Blattaria M27												S						
Blattaria M28																	S	
Blattaria M29												S						
Blattaria M30												S						
Blattaria M31												S						
Blattaria M32																	S	
Blattaria M33													S					
Blattaria M34						S												
Chilopoda M1	X		X			X	X		X			X	X		X	X	X	X
Chilopoda M2					X		X	X					X		X			X
Chilopoda M3							S											
Chilopoda M4					X		X			X								
Chilopoda M5					X		X							X				
Chilopoda M6					X	X		X							X			X
Chilopoda M7			X		X												X	
Chilopoda M8			X		X	X						X						
Chilopoda M9			X														X	
Chilopoda M10																	U	
Chilopoda M11																	S	
Chilopoda M12			U															
Chilopoda M13						X		X										
Chilopoda M14	S																	
Chilopoda M15																U		
Chilopoda M16												X			X			
Diplopoda M1							X							X				
Diplopoda M2							X						X					X
Diplopoda M3							U											
Diplopoda M4							S											
Diplopoda M5					X	X												X
Diplopoda M6							U											
Diplopoda M7																		U
Diplopoda M8																		S
Diplopoda M9					X					X		X				X		
Diplopoda M10		X			X								X					
Diplopoda M11		S																
Diplopoda M13					S													
Diplopoda M14																		U
Diplopoda M15									U									
Diplopoda M16			X	X				X										
Diplopoda M17			X			X												
Diplopoda M18			X													X		

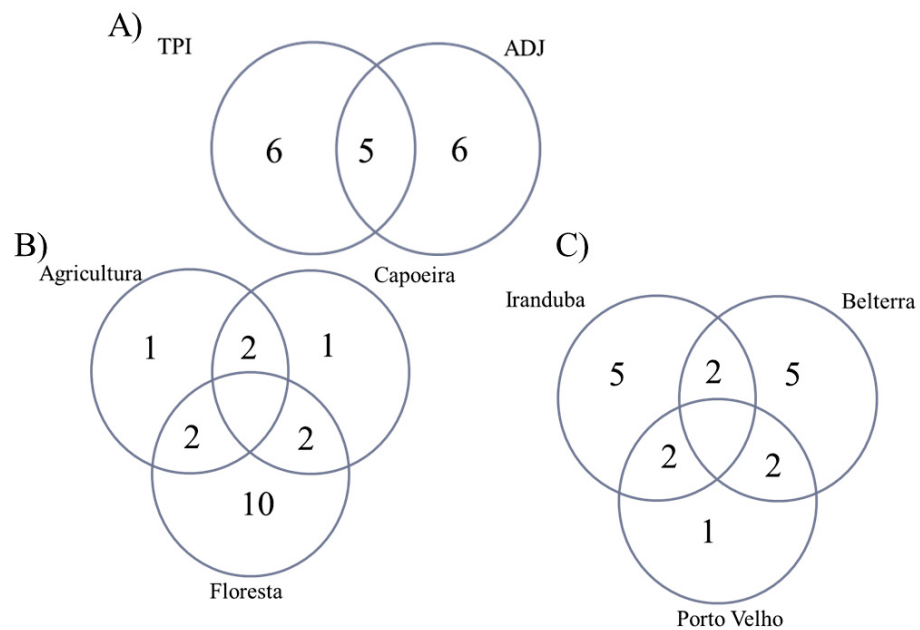
Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI	
Diplopoda M19																		S	
Diplopoda M20																		U	
Diplopoda M21													X					X	
Diplopoda M22													U						
Diplopoda M23									S										
Diplopoda M24																		S	
Diplopoda M25			S																
Diplopoda M26	X		X			X													
Diplopoda M27	S																		
Diplopoda M28				X				X											
Diplopoda M29				X				X											
Diplopoda M30				U															
Diplopoda M31									S										
Diplopoda M32									S										
Diplopoda M33									U										
Diplopoda M34									S										
Diplopoda M35									U										
Diplopoda M36													X		X				
Diplopoda M37													S						
Diplopoda M38													U						
Diplopoda M39																S			
Diplopoda M40			X										X						
Diplopoda M41																	S		
Diplopoda M42						U													
Diplopoda M43						U													
Diplopoda M44										U									
Diplopoda M45																			S
Diplopoda M46													S						
Diplopoda M47			S																
Diplopoda M48																			U
Diplura M1					X		X												U
Diplura M2																			U
Diplura M3		X			X								X						X
Diplura M4																	S		
Diplura M5																	S		
Diplura M6												U							
Diplura M7				X				X											
Diplura M8													U						
Diplura M10	X		X			X													
Diplura M11														S					
Diplura M12									X									X	
Diplura M13																U			
Diplura M14													X		X		X		
Diplura M15															U				
Diplura M16															S				

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Diplura M17															U			
Gastropoda M1						U												
Gastropoda M2													U					
Gastropoda M3					U													
Gastropoda M4			X		X													
Gastropoda M5					U													
Gastropoda M6																		S
Gastropoda M7			X													X		
Gastropoda M8																S		
Gastropoda M9			S															
Gastropoda M10						S												
Gastropoda M11								U										
Gastropoda M12								U										
Gastropoda M13									S									
Gastropoda M14									S									
Hemiptera M1							S											
Hemiptera M2							S											
Hemiptera M3																		S
Hemiptera M4			X							X						X		X
Hemiptera M5																S		
Hemiptera M6									U									
Hemiptera M7									S									
Hemiptera M8									S									
Hemiptera M9													U					
Hemiptera M10													S					
Hemiptera M11					U													
Hemiptera M12	X				X							X						
Hemiptera M13					X	X												
Hemiptera M14					S													
Hemiptera M15											U							
Hemiptera M16														S				
Hemiptera M17																S		
Hemiptera M18								U										
Hemiptera M19	U																	
Hemiptera M20					U													
Hemiptera M21						S												
Hemiptera M22						U												
Hemiptera M24															U			
Hemiptera M25				S														
Hemiptera M26								S										
Hemiptera M27														S				
Hemiptera M28														U				
Hemiptera M29									U									
Hemiptera M30									S									
Hemiptera M31														S				

Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
Hemiptera M32													U					
Hemiptera M33													U					
Hemiptera M34													S					
Hemiptera M35													S					
Hemiptera M36													S					
Hemiptera M37															S			
Hemiptera M38								X		X								
Hemiptera M39															S			
Isopoda M1					X		X		X				X					X
Isopoda M2							S											
Isopoda M3																		S
Isopoda M4							X											X
Isopoda M5													S					
Isopoda M6							S											
Isopoda M7														X		X		
Isopoda M8																S		
Isopoda M9			U															
Isopoda M10			S															
Isopoda M11						S												
Isopoda M12						S												
Isopoda M13						S												
Isopoda M14	S																	
Isopoda M15	U																	
Isopoda M16											U							
Isopoda M17											U							
Isopoda M18															X		X	
Isopoda M19													X		X			
Isopoda M20													S					
Isopoda M21					U													
Opiliones M1							X											X
Opiliones M2							S											
Opiliones M3					X		X											X
Opiliones M4																		U
Opiliones M5													U					
Opiliones M6													U					
Opiliones M7																S		
Opiliones M9																S		
Opiliones M10			U															
Opiliones M11			S															
Opiliones M12						S												
Opiliones M13						S												
Opiliones M14	S																	
Opiliones M15															S			
Opiliones M16															S			
Opiliones M17												U						

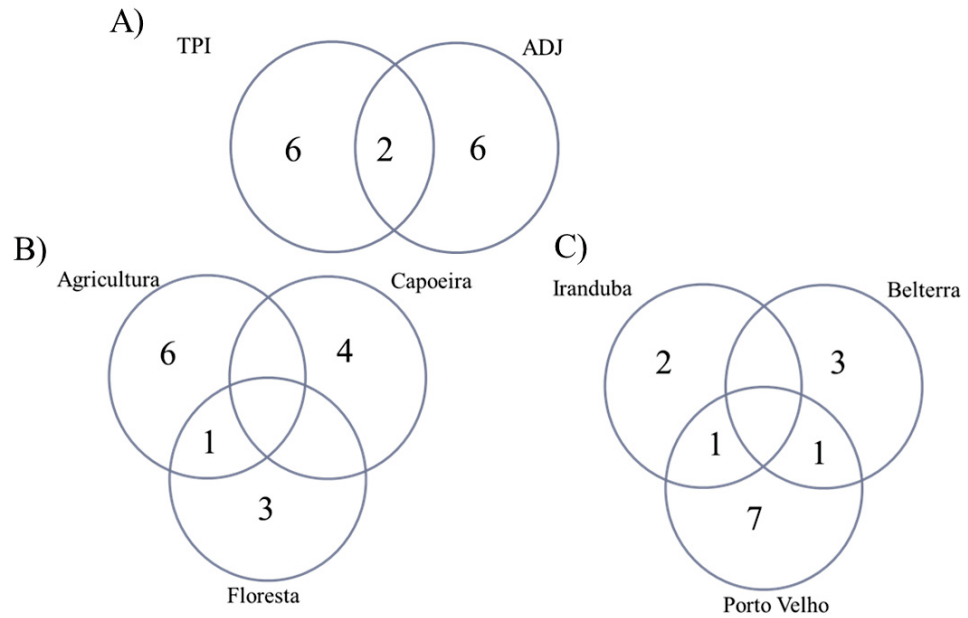
Morfotipo	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI	
Lepdoptera La. M2	S																		
Lepdoptera La. M3								S											
Lepdoptera La. M4										S									
Outros M1							S												
Outros M2																			S
Outros M3																			S
Outros M4													S						
Outros M5						S													
Outros M6						S													
Outros M7						S													
Outros M8				S															
Outros M9								S											
Outros M10								S											
Outros M11									S										
Outros M12															S				
Outros M13													S						
Outros M14													S						

**APÊNDICE 2- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
DIPLURA PRESENTE NAS ÁREAS AVALIADAS.**



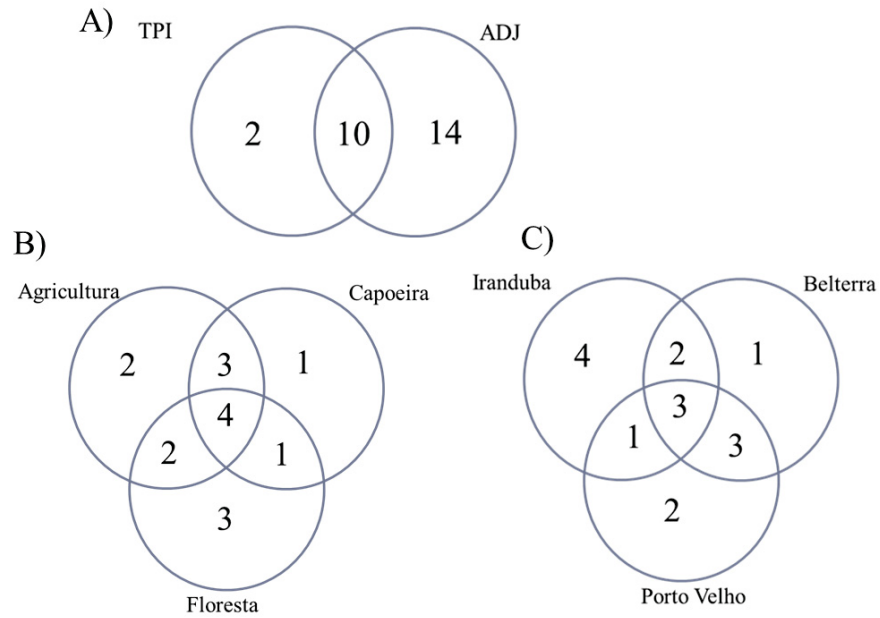
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 3- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
GASTRÓPODA.**



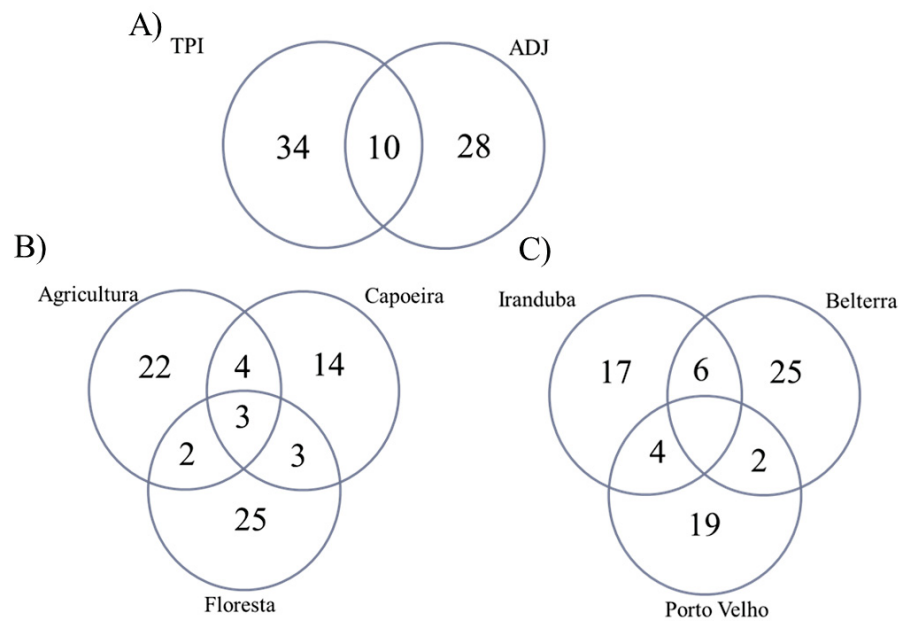
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 4- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
CHILOPODA .**



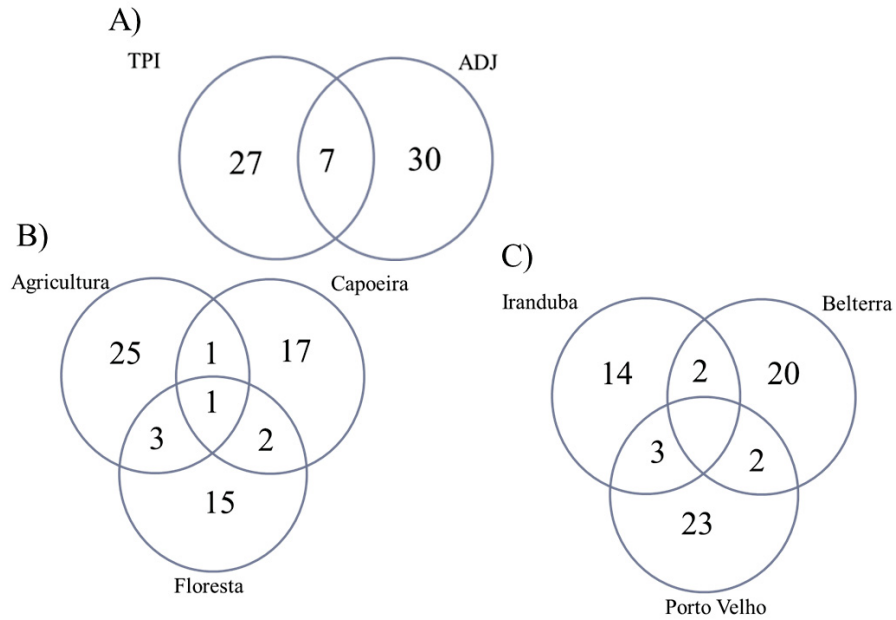
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 5- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
COLEOPTERO ADULTO.**



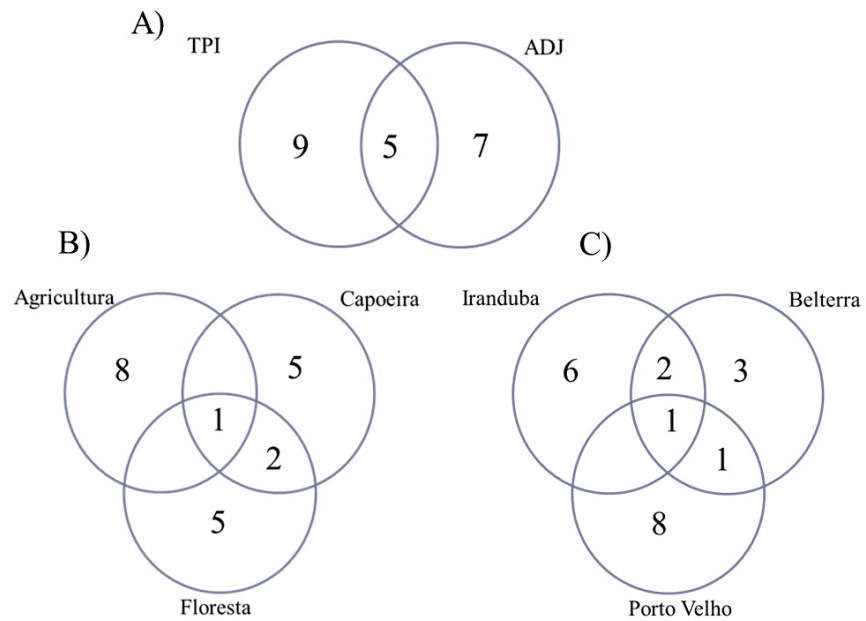
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 6- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
COLEOPTERO LARVA.**



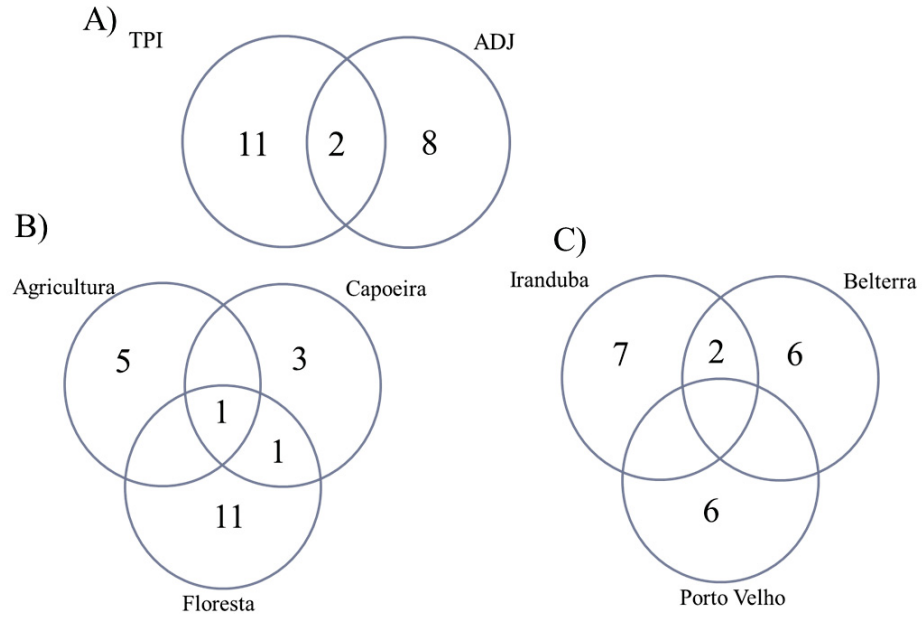
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

APÊNDICE 7- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON ISOPODA.



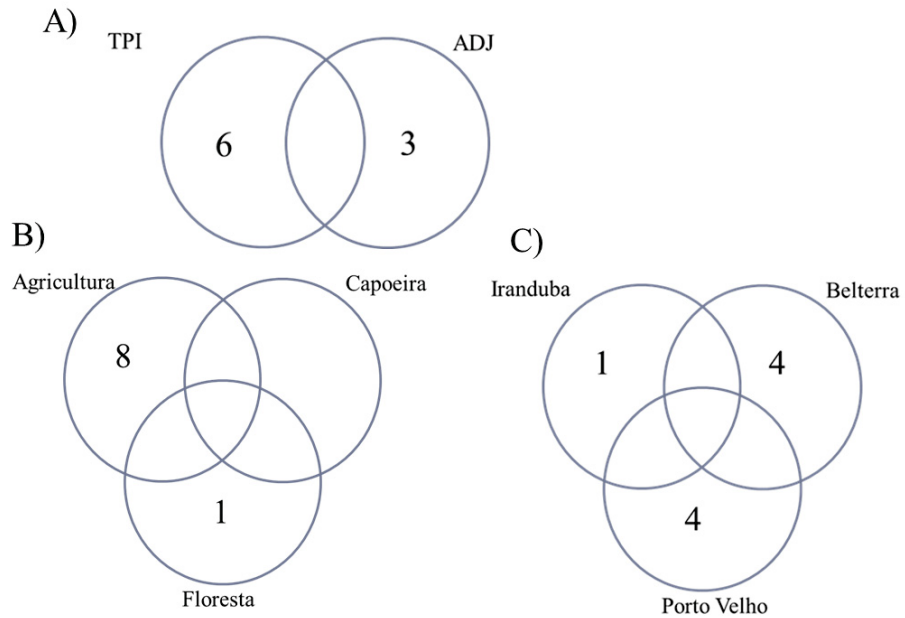
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

APÊNDICE 8- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON OPILIONES.



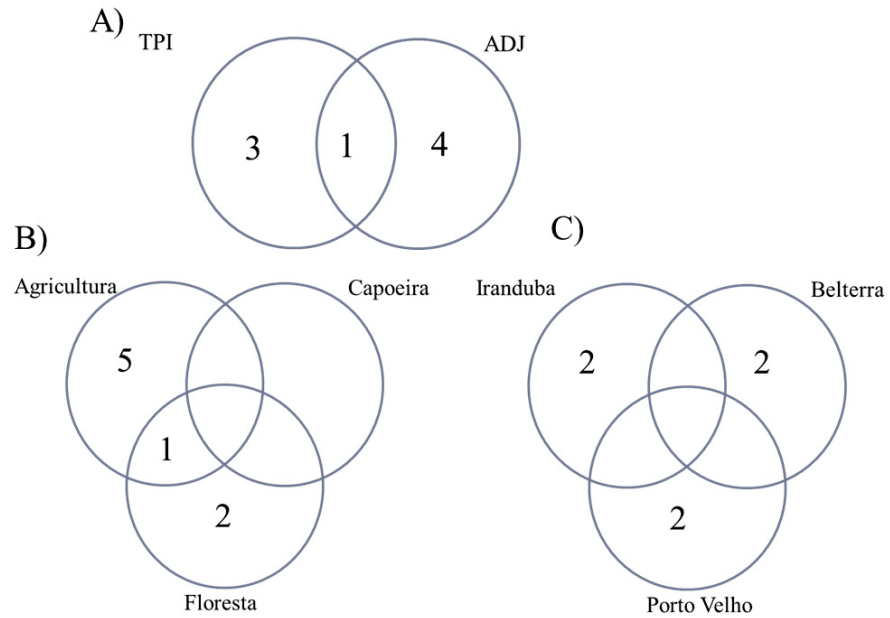
* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

APÊNDICE 9- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON ORTHOPTERA.



* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Irاندuba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 10- DIAGRAMA DE VENN* DOS MORFOTIPO DO TÁXON
PESEUDOESCORPIONES.**



* Mostra o número de morfoespécies compartilhado ou não entre: A) Tipos de solo (TPI x Adjacente); B) Uso do Solo (Agricultura x Capoeira x Adjacente) e C) Região (Iranduba x Belterra x Porto Velho).

**APÊNDICE 11- NÚMERO DE MOTUS, A ESPÉCIE DE ACORDO COM A
TAXONOMIA E AS ÁREAS* ONDE FORAM ENCONTRADOS.**

Grupos	ID	Espécie	Área
1	10	Adulto desc.	IC ADJ
	100	Juvenil desc.	IF ADJ
	102	Juvenil desc.	IF ADJ
	103	Juvenil desc.	IF ADJ
	104	Juvenil desc.	IF ADJ
	105	Juvenil desc.	IF ADJ
	13	Juvenil Pontos.	IC ADJ
	14	Juvenil Pontos.	IC ADJ
	15	Juvenil Pontos.	IC ADJ
	18	Juvenil desc.	IC ADJ
	19	Juvenil desc.	IC ADJ
	20	Juvenil desc.	IC ADJ
	21	Juvenil desc.	IC ADJ
	24	adulto desc.	IC ADJ
	25	Juvenil desc.	IC ADJ
	26	desc.	IC ADJ
	27	Adulto desc.	IC ADJ
	28	Juvenil desc.	IC ADJ
	29	desc.	IC ADJ
	30	desc.	IC ADJ
	368	desc.	IC ADJ
	369	desc.	IC ADJ
	399	Pontos.	IC ADJ
	95	Juvenil desc.	IF ADJ
	96	Juvenil desc.	IF ADJ
	97	Juvenil desc.	IF ADJ

* Onde: IA-ADJ(Iranduba Agricultura-Adjacente), BA-ADJ(Belterra Agricultura-Adjacente), PA-ADJ(Porto Velho Agricultura-Adjacente), IA-TPI(Iranduba Agricultura-TPI), BA-TPI(Belterra Agricultura-TPI), PA-TPI(Porto Velho Agricultura-TPI), IC- ADJ (Irاندuba Capoeira- Adjacente), PC1-ADJ(Porto Velho Capoeira-ADJ), PC2-ADJ(Porto Velho Capoeira-ADJ), IC- TPI(Iranduba Capoeira- TPI), PC1-ADJ(Porto Velho Capoeira-TPI), PC2-TPI(Porto Velho Capoeira-TPI), IF-ADJ (Irاندuba Floresta- Adjacente), BF1-ADJ(Belterra Floresta- Adjacente), BF2-ADJ(Belterra Floresta- Adjacente), IF-TPI (Irاندuba Floresta- TPI), BF1-TPI(Belterra Floresta- TPI), BF2-TPI(Belterra Floresta- TPI).

Grupos	ID	Espécie	Área
1	98	Juvenil desc.	IF ADJ
	99	Juvenil desc.	IF ADJ
2	1001	Atatina	BF1 ADJ
	1445	Juvenil	BF2 ADJ
	964	Atatina	BF1 ADJ
	965	Atatina	BF1 ADJ
	966	Atatina	BF1 ADJ
3	1002	Rhinodril.	BF1 ADJ
4	1019	Rhinodril.	BF1 TPI
	1447	Pedaços	BF1 ADJ
	1628	Msp J16	BF1 ADJ
	1630	Juvenil	BF1 ADJ
	1631	Msp 04	BF1 ADJ
	968	Righio	BF1 ADJ
5	1020	Pontos.	BF1 TPI
	106	Juvenil Pontos.	IF ADJ
	107	Juvenil Pontos.	IF ADJ
	1129	Pontos.	BF2 TPI
	1130	Pontos.	BF2 TPI
	1299	Pontos.	IC TPI
	1306	Juvenil Pontos.	IA TPI
	1307	casulo	IA TPI
	1308	Pontos.	IA TPI
	1319	Pontos.	IA TPI
	1320	Pontos.	IA TPI
	1413	Pontos.	BF1 TPI
	1415	Pontos.	BF1 TPI
	1439	Pontos.	BF1 ADJ
	1440	Juvenil	BF1 ADJ
	1449	casulo	BF1 ADJ
	1450	Pontos.	BF1 ADJ
	1453	Pontos.	BF1 ADJ
	1496	Pontos.	BF2 ADJ
	16	Juvenil Pontos.	IC ADJ
	1609	Pontos.	IC TPI
	1611	Pontos.	IF ADJ
	1616	Tubo 2 Pontos.	IA TPI
	1629	pontos.	BF1 ADJ
	1633	pontos.	BF1 TPI
	1653	Pontos.	BF2 TPI
	17	Juvenil Pontos.	IC ADJ
36	Juvenil Pontos.	IC TPI	
366	casulo	IC TPI	
37	casulo	IC TPI	
400	Pontos.	IC TPI	

Grupos	ID	Espécie	Área
5	42	Pontos.	IC TPI
	43	Pontos.	IC TPI
	44	Pontos.	IC TPI
	46	Juvenil Pontos.	IC TPI
	47	Juvenil Pontos.	IC TPI
	470	Pontos.	IA ADJ
	49	Pontos.	IC TPI
	51	Pontos.	IC TPI
	514	Pontos.	IA TPI
	52	Juvenil Pontos.	IC TPI
	54	Juvenil Pontos.	IC TPI
	55	Juvenil Pontos.	IC TPI
	57	Juvenil Pontos.	IC TPI
	60	Pontos.	IC TPI
	61	Pontos.	IC TPI
	62	Juvenil Pontos.	IC TPI
	63	Juvenil Pontos.	IC TPI
	64	Juvenil Pontos.	IC TPI
	65	Juvenil Pontos.	IC TPI
	68	Pontos.	IC TPI
	69	Juvenil Pontos.	IC TPI
	70	Juvenil Pontos.	IC TPI
	76	Pontos.	IC TPI
	77	Juvenil Pontos.	IC TPI
	82	Juvenil Pontos.	IC TPI
	83	Pontos.	IC TPI
	85	Pontos.	IC TPI
	86	Pontos.	IC TPI
	87	Juvenil Pontos.	IF ADJ
	88	Juvenil Pontos.	IF ADJ
89	Juvenil	IF ADJ	
90	Juvenil Pontos.	IF ADJ	
91	Juvenil Pontos.	IF ADJ	
92	Pontos.	IF ADJ	
93	Juvenil Pontos.	IF ADJ	
94	Juvenil Pontos.	IF ADJ	
967	Pontos. Sp2	BF1 ADJ	
969	Pontos.	BF1 ADJ	
6	1062	Dichogaster	BF2 ADJ
7	1063	Neogaster	BF2 ADJ
	1119	Neogaster	BF2 TPI
	1430	Juvenil	BF1 ADJ
	1468	Msp J19	BF2 TPI
8	1074	Martiodrilus	BF2 ADJ
	1075	Martiodrilus	BF2 ADJ

Grupos	ID	Espécie	Área
8	1076	Pontos not core	BF2 ADJ
	1493	Msp J1	BF2 ADJ
	1632	Msp 17	BF1 TPI
	970	Juvenil Rhinodri.	BF1 ADJ
9	108	Juvenil	IF ADJ
	1297	Pedaços	IC ADJ
	367	Juvenil Pontos.	IC ADJ
10	109	Juvenil	IF TPI
	1322	Juvenil	IA TPI
	1504	Msp 06	BA TPI
	1512	Juvenil	PA TPI
	158	desc.	IF TPI
11	11	Juvenil Righio.	IC ADJ
	12	Juvenil Righio.	IC ADJ
	23	desc. 10k	IC ADJ
	23	desc.	IC ADJ
	371	Juvenil Righio.	IC ADJ
	8	Juvenil Righio.	IC ADJ
	9	Juvenil Righio.	IC ADJ
12	110	Ocnerodril	IF TPI
	111	Ocnerodril	IF TPI
	112	Ocnerodril	IF TPI
	113	Ocnerodril	IF TPI
	114	Ocnerodril	IF TPI
	115	Ocnerodril	IF TPI
	116	Ocnerodril	IF TPI
	117	Ocnerodril	IF TPI
	118	Ocnerodril	IF TPI
	119	Ocnerodril	IF TPI
	150	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	151	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	152	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	161	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	162	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	163	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	164	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	165	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	166	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	167	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	169	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	183	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	184	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
185	Juvenil Ocnerodril	IF TPI	
187	Juvenil Ocnerodril	IF TPI	
188	Juvenil Ocnerodril	IF TPI	

Grupos	ID	Espécie	Área
12	189	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	190	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
	191	Juvenil Ocnerodril	IF TPI
13	1132	Juvenil Righio	BF2 TPI
	1241	Juvenil Righio	BA TPI
	1310	Verde	IA TPI
	1511	Juvenil	BA ADJ
	1515	Msp 09	PA TPI
	1519	D_aff	PA TPI
	1553	Juvenil	PC1 TPI
	1654	Juvenil I dif Rig	BA TPI
	1655	Juvenil II dif	BA TPI
	197	Righio	IF TPI
	198	desc.	IF TPI
	31	Juvenil	IC TPI
	32	Juvenil	IC TPI
	33	Juvenil	IC TPI
	34	Juvenil	IC TPI
	38	Righio	IC TPI
	39	Righio	IC TPI
	50	Righio	IC TPI
	53	Righio	IC TPI
	67	Righio	IC TPI
	71	Juvenil Righio	IC TPI
	73	Juvenil Righio	IC TPI
	78	Juvenil Righio	IC TPI
	79	Juvenil Righio	IC TPI
	80	Juvenil Righio	IC TPI
	1227	Righio	BF2 TPI
14	1236	Righio_Glosso	BA ADJ
	1494	Juvenil	BF2 ADJ
	1495	Msp 07	BF2 ADJ
15	1300	casulo	IF ADJ
16	1305	casulo	IA TPI
	1321	casulo	IA TPI
	1325	casulo	IA TPI
	1328	Pedaços	IA TPI
	1329	casulo	IA TPI
	1333	casulo	IA TPI
	1337	casulo	IA TPI
	1345	casulo	IA TPI
	1347	casulo	IA TPI
	1357	Msp J1	IA ADJ
	362	casulo	IC TPI
	363	casulo	IC TPI

Grupos	ID	Espécie	Área
16	364	casulo	IC TPI
	48	casulo	IC TPI
	516	Atatina	IA TPI
	58	Unkn_puplehead	IC TPI
	586	Atatina_purplehe	IA TPI
	59	desc.	IC TPI
	74	casulo	IC TPI
	75	casulo	IC TPI
17	1334	Msp J1	IA TPI
	370	desc.	IC ADJ
	515	Rhino_greyback	IA TPI
	517	Rhino_greyback	IA TPI
18	1348	casulo	IA ADJ
	1353	casulo	IA ADJ
	1362	Juvenil	IA ADJ
19	1351	Msp J1	IA ADJ
	1360	P. cor	IA ADJ
	1613	Juvenil_463	IA ADJ
	463	Red_head	IA ADJ
20	1352	P. cor	IA ADJ
	1356	P. cor	IA ADJ
	1361	Msp J1	IA ADJ
	1363	Msp J1	IA ADJ
	1364	pedaços	IA ADJ
21	1355	Juvenil	IA ADJ
	1358	Pedaços	IA ADJ
22	1411	Msp J12	BF1 TPI
	1461	pedaço	BF2 TPI
	973	desc.	IF ADJ
23	1456	Msp 05	BF2 TPI
	1638	Juvenil	BF2 TPI
	365	Casulo_purplehea	IC ADJ
24	1483	Juvenil	BF2 ADJ
	1484	Juvenil	BF2 ADJ
	1488	casulo	BF2 ADJ
	1489	Msp 06	BF2 ADJ
	1492	Msp 06	BF2 ADJ
	1499	pedaços	BF2 ADJ
25	1491	Msp J5	BF2 ADJ
26	1509	Msp 08	BA ADJ
	1517	D_aff	PA TPI
27	1510	Juvenil	BA ADJ
28	1525	Msp 09	PA TPI
	1526	Msp 09	PA TPI
	1527	Msp 09	PA TPI

Grupos	ID	Espécie	Área
28	1528	Msp 09	PA TPI
	1529	Msp 09	PA ADJ
	1536	Msp 10	PC1 TPI
	1539	Msp 10	PC1 TPI
	1541	Msp 10	PC1 TPI
	1543	seco	PC1 TPI
	1546	Juvenil	PC1 TPI
	1547	Msp 10	PC1 TPI
	1552	Juvenil	PC1 TPI
	1557	Msp 10	PC1 TPI
	1584	Msp 10	PC2 TPI
	1591	Msp 10	PC2 TPI
	1596	Msp 14	PC2 ADJ
	1602	Msp 14	PC2 ADJ
	1620	Pontoscolex sp.	IA TPI
	1661	Casulo	PA ADJ
	1662	Msp 9	PA TPI
	1672	Msp 10 ou 9	PC2 ADJ
1673	casulo	PC2 ADJ	
1675	Msp 9	PC2 ADJ	
1676	msp J30	PC2 ADJ	
29	1530	Casulo	PA ADJ
	1532	Msp 9	PA ADJ
	1533	Pedaços	PA ADJ
	1535	Pedaços	PA ADJ
	1595	Pedaços	PC2 TPI
	1601	Juvenil	PC2 ADJ
	1605	Msp 10	PC2 ADJ
	1606	pedaços	PC2 ADJ
	1608	pedaços	PC2 ADJ
	1656	Msp 9	PA ADJ
	1660	Juvenil	PA ADJ
30	1540	Msp J21	PC1 TPI
	1545	Msp J21	PC1 TPI
	1558	Msp J21	PC1 TPI
	1670	Msp J29	PC1 TPI
	1679	Msp J21	PC2 ADJ
31	1556	Msp J22	PC1 TPI
	1586	Msp J22	PC2 TPI
32	156	Juvenil Dichogaster	IF TPI
	157	Juvenil Dichogaster	IF TPI
	196	Juvenil Dichogaster	IF TPI
33	1589	Msp 10	PC2 TPI
33	1592	Pedaços	PC2 TPI
	1678	Msp 12	PC2 TPI

Grupos	ID	Espécie	Área
34	1603	Msp 15	PC2 ADJ
35	1612 462	identicos_462 Dichogaster	IA ADJ IA ADJ
36	1658 1659 1677 1686	Msp 17 Msp J26 Msp J31 Msp J31	PA ADJ PA ADJ PC2 ADJ PC1 ADJ
37	1671	Msp 19	PC2 ADJ
38	1674	Msp 10	PC2 ADJ
39	41	desc.	IC TPI
40	66	Dichogaster	IC TPI
41	1120 154 155 159	Dichogaster Juvenil Dichogaster Juvenil Dichogaster pedaços	BF2 TPI IF TPI IF TPI IF TPI

APÊNDICE 12- MOTUS ENCONTRADAS NAS ÁREAS ESTUDADAS*.

MOTUs	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
1							X						X					
2														X	X			
3														S				
4														X			X	
5	X			X			X			X			X	X	X		X	X
6															S			
7														X	X			X
8				X										X	X		X	
9							X						X					
10				X	X	X					X					X		
11							U											
12																U		
13		X			X	X				X	X	X						X
14		X													X			X
15													S					
16	X			X						X								
17				X			X											
18	U																	
19	U																	
20	U																	
21	U																	
22														X			X	
23										X								X
24															U			
25															S			

* Onde o X determina a presença da morfoespécie, S são os “singleton” onde há só um indivíduo nas amostras e o U são os “únicos” onde os indivíduos presentes estão em apenas aquele local. IA-ADJ (Iranduba Agricultura-Adjacente), BA-ADJ (Belterra Agricultura-Adjacente), PA-ADJ (porto velho agricultura-adjacente), IA-TPI (Iranduba Agricultura-TPI), BA-TPI (Belterra Agricultura-TPI), PA-TPI (Porto Velho Agricultura-TPI), IC- ADJ (Iranduba Capoeira- Adjacente), PC1-ADJ (Porto Velho Capoeira-Adjacente), PC2-ADJ (Porto Velho capoeira-Adjacente), IC- TPI (Iranduba Capoeira-TPI), PC1-ADJ (Porto Velho Capoeira-TPI), PC2-TPI (Porto Velho Capoeira-TPI), IF-ADJ (Iranduba Floresta- Adjacente), BF1-ADJ (Belterra Floresta- Adjacente), BF2-ADJ (Belterra Floresta- Adjacente), IF-TPI (Iranduba Floresta- TPI), BF1-TPI (Belterra Floresta- TPI), BF2-TPI (Belterra Floresta- TPI).

MOTUs	IA ADJ	BA ADJ	PA ADJ	IA TPI	BA TPI	PA TPI	IC ADJ	PC1 ADJ	PC2 ADJ	IC TPI	PC1 TPI	PC2 TPI	IF ADJ	BF1 ADJ	BF2 ADJ	IF TPI	BF1 TPI	BF2 TPI
26		X				X					X							
27		U																
28			X	X		X		X			X	X						
29			X					X	X									
30												U						
31												U						
32																U		
33										U								
34										S								
35	U																	
36			X					X	X									
37																S		
38																S		
39										S								
40										S								
41																X		X