INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO - ATU

MACROFAUNA EDÁFICA EM FLORESTA SECUNDÁRIA, PASTAGEM E EUCALIPTO NO SUDESTE PARAENSE

WERICA LARISSA FARIAS DE VASCONCELOS

Manaus, Amazonas
Março, 2019

WERICA LARISSA FARIAS DE VASCONCELOS

MACROFAUNA EDÁFICA EM FLORESTA SECUNDÁRIA, PASTAGEM E EUCALIPTO NO SUDESTE PARAENSE

ORIENTADORA: DRª. SÔNIA SENA ALFAIA

Coorientador: Dr. Diego De Macedo Rodrigues

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pelo convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas
Março, 2019

INPA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

PÁTRIA AMADA BRASIL
GOVERNO FEDERAL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

Ata da Defesa Presencial de Dissertação de Mestrado de WERICA LARISSA FARIAS DE VASCONCELOS, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agricultura no Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, realizada no dia 29 de março de 2019.

Aos 29 dias do mês de março de 2019, às 09h30, no Auditório dos PPG's ATU/CFT/ECO, Campus III, INPA-V8, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada: **"EFEITO DA CRONOSSEQUÊNCIA DE USO FLORESTA-PASTO-PLANTIO DE EUCALIPTO SOBRE A MACROFAUNA EDÁFICA: UM ESTUDO DE CASO NO SUDESTE PARAENSE"** do(a) aluno(a) **WERICA LARISSA FARIAS DE VASCONCELOS**, sob a orientação do(a) Prof(a). Dr(a). Sônia Sena Alfaia (INPA), em conformidade com o Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA) e Artigo 60 do Regimento Interno do PPG-ATU como parte de suas atividades para conclusão e obtenção do título de ***"MESTRE EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO"***. A **Banca Examinadora** foi constituída pelos seguintes membros: **AGNO NONATO SERRÃO ACIOLI (UFAM), ELISIANA PEREIRA DE OLIVEIRA (INPA), ELISA VIEIRA WANDELLI (EMBRAPA).** O Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão, convidando os membros e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, O Sr. Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos membros da Banca Examinadora esta decidiu por unanimidade aprovar-la. **O Certificado de conclusão do Curso de mestrado e o Diploma o aluno receberá somente o título após cumprir as exigências do Art. 54 do Regulamen to Geral dos programas de Pós Graduação Stricto Sensu datado de 29 de fevereiro de 2008.** Serão conferidos ao(a) aluno(a) após a apresentação, um prazo máximo de 30 (trinta) dias após a Defesa da versão definitiva contendo as modificações sugeridas pela Banca e impressa em 02 (duas) cópias e 1 (uma) cópia em meio digital (arquivo preferencialmente em .pdf, que inclua todo o texto, figuras e outras matérias que fazem parte da dissertação). Nada mais havendo, a sessão foi encerrada, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA:

Nome	Parecer	Assinatura
AGNO NONATO SERRÃO ACIOLI	(X) Aprovado ( ) Reprovado	
ELISIANA PEREIRA DE OLIVEIRA	(X) Aprovado ( ) Reprovado	
ELISA VIEIRA WANDELLI	(X) Aprovado ( ) Reprovado	

(X) com *"Distinção"* ( ) com *"Distinção e Louvor"*

Manaus (AM), 29 de março de 2019.

Obs.: A aluna fez sua apresentação no tempo de 45 minutos e respondeu satisfatoriamente a arguição da Banca avaliadora

FICHA CATALOGRÁFICA

SEDAB/INPA © 2019 - Ficha Catalográfica Automática gerada com dados fornecidos pelo(a) autor(a)
Bibliotecário responsável: Jorge Luiz Cativo Alauzo - CRB11/908

V331m

Vasconcelos, Werica Larissa Farias de
MACROFAUNA EDÁFICA EM FLORESTA SECUNDÁRIA, PASTAGEM E EUCALIPTO NO SUDESTE PARAENSE / Werica Larissa Farias de Vasconcelos; orientadora Sônia Sena Alfaia; coorientador Diego de Macedo Rodrigues. -- Manaus:[s.l], 2019.
60 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Agricultura do Trópico Úmido) -- Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2019.

1. Biologia do solo. 2. Atributos químicos do solo. 3. Sudeste Paraense. I. Alfaia, Sônia Sena , orient. II. Rodrigues, Diego de Macedo, coorient. III. Título.

CDD: 630

SINOPSE

Para avaliar o efeito de Sistemas de Uso do Solo sobre a estrutura da macrofauna edáfica foram amostradas comunidades em floresta secundária de terra firme de 40 anos de idade, plantio de Eucalipto e Pastagem na Amazônia Oriental. Também foram avaliadas a influência de parâmetros de fertilidade do solo e teores totais de nutrientes da liteira sobre padrões da macrofauna edáfica.
Palavras-chaves: Sudeste Paraense, biota do solo, Amazônia Oriental.
Keywords: southeastern Pará, soil biota, Eastern Amazon

AGRADECIMENTOS

A minha família, luz dos meus olhos, pelos ensinamentos, muitas vezes de maneira indireta sobre o que é paciência e dedicação. A minha mãe Izoete e avó Maria por todo amor e apoio. Aos meus irmãos “Wes” e Wesley pelas longas conversas nas redes sociais ao longo desses dois anos. Ao meu irmão Hugo, pelo amor, apoio e auxilio na coleta dos dados. Aos meus pais Antônio e Jeová, pelos conselhos. Aos três “A’s” da minha vida, meus sobrinhos Agatha, Arthur e Aimée, amo vocês e esta é minha maior certeza.

Á quem comparto a vida, Rafael Carvalho, pelo apoio, cuidados, contribuição, e reflexões sobre a vida. As grandes amizades Bruna Ingrid, Fabio Reis, Renan Cunha, Dinha Silva, Sâmia Lopes, Aline Franco, Felipe Reis, Romero Kadran, Samara Silva e Suellen Gomes. Por tudo sou grata a vocês: por ouvirem minhas reclamações, pelos puxões de orelha, conselhos, comidas gostosas, passeios e momentos de total descontração.

Aos meus orientadores, Drª Sônia Alfaia e Dr. Diego de Macedo pelas correções, apontamentos, contribuições e conselhos. Os admiro e são referências para mim. Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará pela infraestrutura. Ao CNPq pela bolsa de mestrado. Ao Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA, Jonas Filho, Gabriela Gandhi, Laura Oliveira, Roberta Biazutti, Orlando e Edivaldo Chaves pelo acompanhamento em laboratório e pela convivência.

Ao Jucelino Bezerra, técnico da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, pela parceria de longa data nos “trampos” da vida. Ao Luiz Alberto, “Seu Tirico”, do laboratório de Fitopatologia do INPA pelo acolhimento durante o processo de identificação. A Dona Eva, produtora a quem tanto admiro e que sempre me acolheu e me trata como uma filha.

E por fim, à União, pela possibilidade de poder ingressar de maneira gratuita no ensino superior e contribuir com “um grão” para o conhecimento acerca do nosso país.

ETERNAS SÃO MINHAS DÍVIDAS COM VOCÊS!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

RESUMO

Dada a importância da macrofauna edáfica nas transformações físicas que sustentam o ciclo da matéria orgânica e a fertilidade química do solo em ecossistemas tropicais e a constante mudanças de uso do solo no estado do Pará buscamos avaliar as modificações na estrutura da comunidade da macrofauna em sequência de uso Floresta Secundária de 40 anos – Pastagem de 20 anos - monocultivo de Eucalipto de 10 anos no sudeste paraense. As coletas da macrofauna edáfica foram realizadas por meio do método padronizado de monólitos de solo de 0 a 20 cm de profundidade. Para avaliar se parâmetros edáficos estavam determinando a estrutura da macrofauna foram testadas correlações entre a Riqueza (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equitabilidade de Pielou (J) e densidade da macrofauna com pH (H_2O), Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, P, $C_{org.}$, N, Fe, Zn e Mn do solo e teores totais de Ca, Mg, K, P, $C_{org.}$, N, Fe, Zn e massa seca da liteira. Foram registrados 11.234 invertebrados em 17,6 m^2 de solo, distribuídos em 96 famílias com densidade média de 1.221 (±142) indivíduos por m^2. O número de famílias por monólito associadas aos Sistemas de Uso do Solo (SUS) foi de 4,7 (63 indivíduos por monólito), 2,2 (74 indivíduos por monólito) e 3,4 (99 indivíduos por monólito) na Floresta Secundária, Pastagem e Eucalipto, respectivamente. Formicidae (70,8%) e Oligochaeta (14,8%) foram os táxons mais abundantes. Os Coleóptera representaram 3,92% da densidade total (23% larvas) e os Myriápoda 2,38%. Das famílias identificadas, 29 ocorreram apenas na Floresta Secundária, oito na área de Pastagem e sete no Eucalipto. Os Usos do Solo afetaram a comunidade da macrofauna nos parâmetros S, H' e J ($p<0,05$). A densidade não diferiu entre os Sistemas de Uso ($p>0,05$). A densidade da macrofauna se concentrou na liteira na área de Floresta Secundária (83,1%). Os índices avaliados foram altamente correlacionados com o nível de distúrbio, partindo gradativamente da Pastagem, aonde foram encontrados os menores índices para o Eucalipto até a Floresta Secundária. Aparentemente, a presença de componente arbóreo e consequente aporte e acúmulo de liteira resultou na recuperação do número de famílias da Pastagem para o Eucalipto após 10 anos de implantação do mesmo visto que a riqueza de famílias não diferiu entre a Floresta Secundária e Plantio de Eucalipto. Não foram detectadas correlações entre a estrutura da comunidade e atributos químicos do solo e liteira.

Palavras-chave: Biologia do solo, atributos químicos do solo, práticas de manejo.

ABSTRACT

Given the importance of edaphic macrofauna in the chemical transformations that sustain the organic matter cycle and the chemical fertility of the soil in tropical ecosystems and the constant changes in land use and occupation in the state of Pará, we aim to evaluate the changes in the macrofauna community structure in cronossequence of use 40 years Secondary Forest - 20 years Pasture - 10 years Eucalyptus monoculture of 10 years, in southeastern Pará. The soil macrofauna was collected using the standard method of soil monoliths from 0 to 20 cm depth. To evaluate if the changes in use of edaphic parameters determined the structure of the macrofauna, we evaluated correlations between the richness (S), Shannon-Weiner diversity index (H'), Pielou equitability (J) and density of macrofauna with soil pH (H_2O), Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, P, SOC, N, Fe, Zn and litter dry matter total content of Mn, Ca, Mg, K, P, $C_{org.}$, N, Fe, Zn. 11.234 invertebrates were collected in 17.5 m2, distributed in 96 families with a mean density of 1221 (± 142) individuals per m^2. The number of families associated with the Soil Use Systems (SUS) were 4.7 (63 individuals per monolith), 2,2 (74 individuals per monolith) and 3.4 (99 individuals per monolith) in Secondary Forest, Pasture and Eucalyptus Monoculture, respectively. Formicidae (70,8%) and Oligochaeta (14,8%) were the most abundant taxa. Coleoptera represented 3.92% (23% larvae) and Myriapoda 2.38% of total density. Of the families identified, 29 occurred only in the Secondary Forest, eight in the Pasture area and seven in the Eucalyptus plantation. The sequence of soil use affected the invertebrate community in the biological parameters evaluated (S, J, E) ($p < 0.05$). Density did not differ among Usage Systems ($p > 0.05$). Macrofauna density was concentrated in the litter in the Secondary Forest area (83.1%). Invertebrates tend to focus on litter in the area of Secondary Forest and Eucalyptus. The evaluated indices were highly correlated with the level of disturbance, starting gradually from the Pasture for Eucalyptus Plantation to the Secondary Forest. Apparently, the presence of tree component and consequent contribution and accumulation of litter resulted in the recovery of the number of families from Pasture to Eucalyptus after 10 years. No correlations were detected between the community structure and soil and litter chemical attributes.

Keywords: Soil biology, soil chemical attributes, management practices.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10
2.1 USO DO SOLO NO SUDESTE PARAENSE 10
2.2 FAUNA EDÁFICA 11
3. OBJETIVOS 13
3.1 GERAL 13
3.2 ESPECÍFICOS 13
4. MATERIAL E MÉTODOS 13
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 13
4.1.1 Dados climáticos 15
4.2 COLETA DE DADOS 15
4.2.1 Sistemas de Uso do Terra avaliados 15
4.2.3 Delineamento amostral 18
4.2.3.1 Diversidade e densidade dos invertebrados 19
4.2.4 Atributos químicos do solo 20
4.2.5 Análise da liteira 21
4.3 ANÁLISE DOS DADOS 21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
6 CONCLUSÕES 36
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37
8 APÊNDICES 56

1. INTRODUÇÃO

Fauna edáfica é o termo utilizado para caracterizar as comunidades de invertebrados que vivem permanentemente ou que passam uma ou mais fases de desenvolvimento no solo (Swift *et al.*, 2010). Os diferentes tamanhos e metabolismos destes organismos permitem que sejam agentes nos diversos processos que ocorrem no mesmo (Lavelle *et al.*, 2006; Louzada e Zanetti, 2013), em distintas escalas temporais e espaciais que variam de nanômetros a quilômetros (Beare *et al*., 1992; Lavelle *et al*., 1994; Lavelle *et al*., 1997).

Na região tropical, os macroinvertebrados edáficos têm um importante papel na provisão de diferentes serviços dos ecossistemas mediante sua ação no solo (Moreira *et al*., 2008; Brown *et al.*, 2015), que vão desde a filtragem e limpeza de materiais tóxicos, ativação seletiva de vários grupos funcionais da microflora (Fiuza *et al*., 2011), fluxo biogeoquímico de nutrientes e água e controle biológico de pragas à agregação de partículas do solo (Lavelle *et al.*, 2006; Swift *et al.*, 2010).

De modo geral, maior intensidade de uso leva a uma redução da diversidade e abundância da maioria dos grupos da macrofauna (Franco *et al*., 2016; Desjardins *et al*., 2004). Isso ocorre, principalmente, pela forma "convencional" de medir o desempenho do solo baseado na produtividade, em que os reflexos do uso e cobertura do solo em comunidades faunísticas do solo só são percebidos quando estes já se encontram em estágio avançado de degradação (Lewandowski *et al*., 1999).

Esses processos de fragmentação da paisagem provocam modificações estruturais que são acompanhadas por alterações em comunidades vegetais e animais e constituem diferentes amplitudes de uso, perda e recuperação da biodiversidade do solo (Barlow *et al.*, 2016; Sanchéz-Bayo *et al*., 2019). O que tem sido identificado como principal causa de degradação física e química do mesmo (Moreira *et al.,* 2013; Marichal *et al.*, 2017), por reduzir a possibilidade que determinado processo seja mediado por várias espécies da fauna edáfica (Di Castri e Younes 1990; Ricklefs, 2010).

O estado do Pará acumula a maior extensão territorial desmatada em toda a Amazônia brasileira, totalizando 161.084,4 km^2, com 2.840 km^2 de áreas abertas só em 2018 (Inpe, 2018). Essas mudanças de uso da terra estão majoritariamente associadas a produção de *commodities*, em especial nos setores de pecuária e mineração (Moisés, 2017). Em 2014, o estado contava com 57.624,78 km^2 de vegetação secundária, com 22.662,36 km^2 de pasto sujo, 16.209,26 km^2

de regeneração com pasto e outros 243,94 km^2 de pasto com solo exposto (Almeida *et al.*, 2016).

Dada a importância da composição da macrofauna do solo para os processos que ocorrem no interior do mesmo (Barros *et al*., 2008) e para a produção sustentável em agroecossistemas (Swift *et al.*, 1979) e, considerando que a imensa variabilidade dos solos requer dados locais para adaptar os modelos teóricos a cada tipo de solo (Wardle, 2002; Rousseau *et al*., 2014) procurou-se neste trabalho avaliar as modificações na estrutura comunitária em cronossequência de uso da terra, no sudeste paraense. Como também contribuir com o conhecimento acerca da biodiversidade na Amazônia Oriental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 USO DO SOLO NO SUDESTE PARAENSE

A abertura de fronteiras econômicas na Amazônia brasileira carreada por programas governamentais de crescimento econômico no final do século XX, no que se refere ao processo de ocupação do território, é responsável por um dos maiores fluxos migratórios já observados para a Amazônia Oriental, resultando em um crescente de mudanças de uso do solo na região, alterando sua estrutura econômica, demográfica e ecológica (Hurtienne 2005),

Esse processo de expansão há muito vêm levantando debates sobre o futuro dos ecossistemas dessa região (Reis 1978; Gascon e Moutinho 1998; Laboratório Sócio-agronômico do Tocantins - Lasat 2006; Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA 2010, Barlow 2016), principalmente pelo processo possuir várias características em comum com a expansão da fronteira agrícola na Mata Atlântica,

Dos 29,67 milhões de estabelecimentos agropecuários no estado do Pará, 3% são lavouras temporárias e permanentes (2,6%), pastagens naturais (6,5%) e plantadas (42.4%) e florestas naturais (41%) e plantadas (0,7%). Esta última contava, em 2014, com uma área total 148,656 mil hectares de *Eucalyptus* sp. (Abraf, 2017). Nesse cenário, as pastagens, florestas secundárias e plantios de eucalipto prevalecem em extensão no Sul/Sudeste do Estado (Moisés, 2017).

O Sudeste paraense é uma das mesorregiões do Estado do Pará, composta por 39 municípios em uma área de mais de 297 mil km^2 onde se localiza o arco do desmatamento ao longo dos eixos rodoviários da PA 150/BR010 a Leste e BR364 a Oeste coincidindo com a fronteira entre o cerrado e a floresta amazônica (Ministério do Desenvolvimento Agrário –

MMA, 2010). A mesorregião extraiu seu dinamismo socioeconômico da frente de expansão agropecuária com a presença concomitante de grandes produtores, agricultura familiar, produtores extrativistas e comunidades tradicionais (Homma *et al.*, 2001) e do crescimento industrial e da mineração (Raiol, 2010).

As práticas agrícolas realizadas por pequenos e grandes produtores é caracterizada pela venda de madeira e posterior derrubada da floresta primária para formação de pastagens ou de lavouras temporárias, nesse processo é efetuada a queima da floresta para a obtenção das cinzas como fertilização temporária da área (sistema de roçado) (Homma *et al.*, 2001; Homma, 2005; Pedrosa Junior *et al.*, 2008). Após a atividade agrícola na área o local é deixado para pousio para recuperação da fertilidade, formando a floresta secundária, regionalmente conhecida como capoeira (Vieira e Proctor, 2007).

2.2 FAUNA EDÁFICA

No geral, a fauna edáfica é classificada pelo tamanho corporal em microfauna: invertebrados que vivem no filme de água do solo (20 µm a 200 µm de diâmetro corporal), mesofauna: habitam na liteira e poros de ar de 10 µm, medindo de 200 µm a 2 mm de diâmetro corporal e, macrofauna, que são os invertebrados visíveis a olho nu (2 mm a 20 mm) (Swift *et al.*, 1979; Lavelle *et al.*, 2001).

Além da classificação pelo tamanho esses organismos podem ser agrupados de acordo com o microhabitat, fonte de alimentação e ecofisiologia (Menta, 2012). Por facilitarem a descrição das comunidades da fauna do solo e a interpretação da sua importância (Brown *et al.*, 2015) os principais agrupamentos utilizados têm sido os grupos funcionais (Franklin *et al.*, 2008), e as guildas (Brown *et al.*, 2006; Moreira *et al.*, 2013). Comunidades são aqui definidas como um conjunto de populações vivendo e interagindo em um determinado local (Louzada e Zaneti, 2013).

A guilda mais discutida da macrofauna edáfica são os “engenheiros do ecossistema”, representado pelos térmitas, formigas, milípedes, besouros escarabídeos e minhocas (Jones *et al.*, 1994). Esse grupo cria estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e pellets fecais), que modificam as propriedades físicas e química dos solos e a disponibilidade de recursos para outros organismos (Lavelle *et al.*, 1997; Brussaard *et al.*, 2007).

Em solos de ecossistemas tropicais, de maneira geral, o ciclo da matéria orgânica representa a maior fonte de nutrientes para o crescimento vegetal (Anderson e Ingran, 1993). Este processo ecológico é modelado principalmente por três fatores: pelas características físico-

químicas locais, pela diversidade, composição e qualidade química das plantas que o compõem e pela diversidade e associação das comunidades da biota do solo (Hättenschwiler *et a.l*, 2005).

Esses fatores são responsáveis por determinar a produtividade agrícola do solo numa escala de tempo definida, o que em termos gerais caracteriza sua fertilidade (Lewandowski *et al*., 1999; Menta *et al*., 2012). Enquanto que as práticas agrícolas, por sua vez, são determinantes para que seja mantida ou alcançada a qualidade e saúde do solo a longo prazo (Barrios *et a.l*, 2014; Franco *et al.*, 2016).

Se tratando da macrofauna edáfica são identificadas duas vias principais de influência nos processos do solo: uma direta, pela ação mecânica de mistura e fragmentação da matéria orgânica (M.O.S) e movimentação vertical e horizontal no solo (Lavelle *et al*., 1994), e outra indireta, por meio de interações com a comunidade de microorganismos, através dispersão e ativação dos mesmos (González *et al*., 2001; Mathieu, 2004; Fiuza, 20011; Menta, 2012).

Caracterizando uma dupla digestão para macrofauna edáfica: uma por ativação de microorganismos em seu trato intestinal pelo umedecimento do material ingerido com água e ácidos orgânicos – interna - e outra por consequente favorecimento da atividade microbiana (incubação) em pellets fecais ou orais – externa (Lavelle, 1997). Dessa forma, contribuindo para as transformações químicas que sustentam o ciclo da matéria orgânica e a fertilidade química do solo operadas por microrganismos em microsítios (20 µm de tamanho) e biofilmes (Lavelle *et al.*, 2006).

Em avaliações biológicas dos impactos das alterações antrópicas como desmatamentos e queimadas na qualidade do solo os níveis de abordagem utilizados nos monitoramentos são os de população ou comunidade (Louzada e Zanetti, 2013). Isto tem demonstrado potencial de avaliar a efetividade de ações mitigadoras tomadas para contornar problemas causados pela alteração de habitats por mudança no uso e ocupação do solo e formas de manejo (Vos *et al.*, 1985; Lavelle *et al.*, 1994; Menta, 2012;). Nessas avaliações são consideradas propriedades que auxiliam na caracterização da estrutura e composição de comunidades, abrangendo parâmetros de diversidade de espécies, equitatividade estabilidade e estrutura trófica (Louzada e Zaneti, 2013).

A contribuição da fauna edáfica nos processos do solo têm sido discutidos (Anderson, 1988; Beare *et al.*, 1992; Lee e Pankhurst, 1992; Stork e Eggleton, 1992; Lavelle *et al.*, 1994; Lavelle *et al.*, 2006; Brussaard *et al.*, 2007; Anderson, 2009; Trelo *et al.*, 2009; Barrios *et al.*, 2014; Rodrigues *et al*., 2016). Apesar de ainda pouco explorado entre os especialistas quanto

ao papel exato dos vários grupos de animais do solo nos fatores que determinam a fertilidade do solo (Gonzaléz *et al.*, 2001), foi postulado que as atividades de muitos animais do solo poderiam ser melhor gerenciadas para promover a produção sustentável em agroecossistemas tropicais (Swift, 1979). Assim, se torna cada vez mais necessário avaliar como alterações em ecossistemas tropicais interfere na abundância e diversidade de comunidades edáficas.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar o efeito dos Sistemas de Uso do Solo sobre a estrutura da macrofauna edáfica.

3.2 ESPECÍFICOS

1 – Avaliar quais os grupos funcionais da macrofauna edáfica são mais representativos em Floresta Secundária, Pastagem e Eucalipto.

2 - Verificar se há correlações entre a estrutura da macrofauna edáfica com parâmetros de fertilidade (pH, Al^{3+}, macro e micronutrientes) massa e qualidade da liteira nos Sistemas de Uso do Solo avaliados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Marabá (Folha Marabá SB.22-X-D) está localizado no extremo leste do Estado do Pará, norte do Brasil, em ambas as margens dos rios Tocantins e Itacaiúnas. É limitado pelos paralelos 05°00’ e 06°00’, de latitude Sul, e pelos meridianos 48°00’ e 49°30’ de longitude Oeste de Greenwich, abrangendo uma área de 18.265 km^2 (Raiol, 1996) (Figura 1).

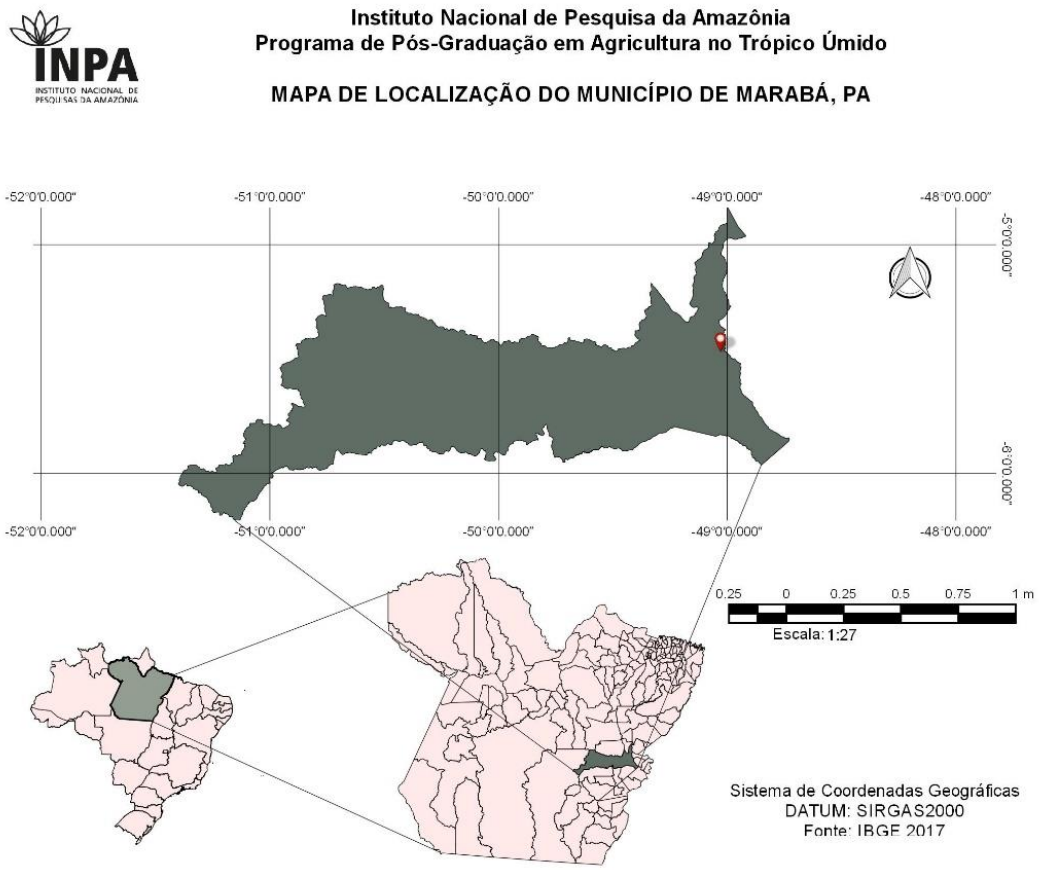

Figura 1: Mapa de localização do município de estudo, no estado do Pará. Fonte: Autor.

A topografia do município de Marabá apresenta as maiores altitudes da região sudeste do estado do Pará, com as cotas máximas por volta de 700 metros, nas proximidades da Serra dos Carajás. A área de estudo se localiza na Serra do Encontro, que de acordo com Ribeiro *et al*., (1999) tem a declividade das encostas predominantemente baixa, caracterizando uma paisagem composta por uma sucessão de colinas e vales com amplitudes em torno de 50 m, formando um perfil suavemente ondulado. As cotas topográficas situam-se em torno de 150-200 m (RadamBrasil, 1974).

Na classificação de Köppen, o município se encontra na faixa de transição de Aw para Am (clima tropical com estação seca a clima tropical monçonico) (Fapespa, 2015), com temperatura média anual em torno dos 26 ºC e índice pluviométrico elevado, próximo aos 2.200 mm anuais. A vegetação, segundo o Projeto Radambrasil (1974), pode ser dividida em dois grandes grupos ou regiões fitoecológicas: Florestas Abertas com encraves de Floresta/Cerrado e Floresta Densa. A área de estudo se localiza na região em que se encontra a Floresta Ombrófila

Densa submontana como vegetação original. O solo é o Argissolo vermelho- amarelo distrófico, com textura média cascalhenta (RadamBrasil, 1974; IBGE, 2017).

Atualmente, as atividades produtivas no município se concentram na pecuária e indústrias. Dos 657.926 ha 1,5% são aproveitados para agricultura e 98,5% para pastagens (Fapespa, 2015). Em decorrência do processo de expansão das atividades econômicas, o percentual de cobertura da terra por floresta primária foi bastante reduzido, com 57,7% da área total desmatada (Inpe, 2018).

4.1.1 Dados climáticos

Foram obtidos dados climáticos (Marabá – A240 82562) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As variáveis climáticas consideradas foram: normal climatológica do período 1981-2010 e temperatura média e precipitação acumulada dos últimos 30 dias antes da coleta da macrofauna.

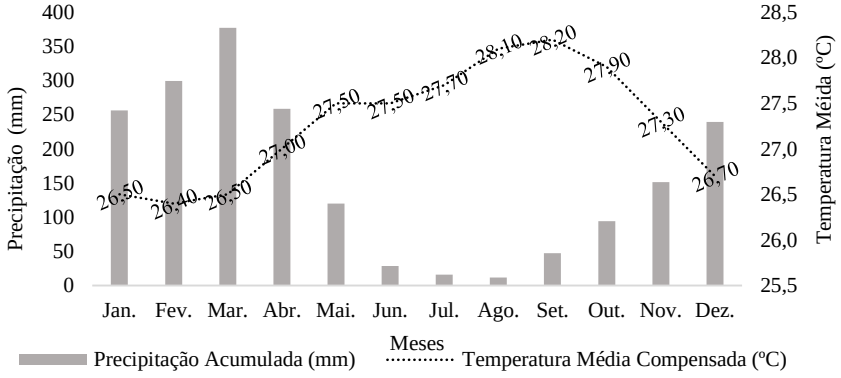

Figura 2: Normal climatológica de Marabá-PA: 1981 – 2010. Fonte: Adaptado dos dados do Inmet (2018).

Figura 3: Distribuição de temperatura e precipitação em Marabá-PA entre julho de 2017 e julho de 2018. Fonte: Adaptado dos dados do Inmet (2018).

4.2 COLETA DE DADOS

4.2.1 Sistemas de Uso do Terra avaliados

Três Sistema de Uso do Solo (SUS) em sequência de cultivo foram avaliados, a saber: Fragmento de Floresta Secundária (FS), área de Pastagem (Pas.) e Plantio de *Eucalyptus* sp. (Euc.) (Tabela 1)**.** O histórico de uso da área assim como a identificação das práticas agrícolas

que caracterizam os SUS foram obtidos a partir de entrevistas (Apêncice A) e levantamento de uso da terra realizado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA.

Tabela 1: Localização dos Sistemas de Uso da terra avaliados.

SUTª	**Anos de implantação**	**Coordenadas**
Floresta Secundária	40 anos.	5°26'42.01"S 49° 3'18.15"O
Pastagem	20 anos. Presença de plantas colonizadoras.	5°25'16.75"S 49° 3'39.81"O
Eucalypto sp.	10 anos. Plantio sem manejo.	5°26'21.23"S 49° 1'45.94"O

Figura 4: Área de Estudo. Fonte: Google Earth, 2019.

4.2.2 Histórico de uso do solo na área

Área 1 (FS): A área onde foi realizado o estudo conta com aproximadamente 30,6 km^2. Em 1976, foi desmatada com a utilização da técnica correntão seguida do corte e queima, sendo utilizada por dois anos seguido antes do abandono. Na FS, os principais representantes são caju-de-janeiro (*Anacardium giganteum* Hancock ex Engl.), maçaranduba (*Manilkara bidentata* (A.DC.) A.Chev.), sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.), castanha-do-norte (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), cupuaçu, (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.), amesca (*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.), cacau-do mato (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum.), mogno (*Swietenia macrophylla* King), ingá (*Inga edulis* Mart.), breu-vermelho

(*Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand), gitó (*Guarea guidonia* (L.) Sleumer) e cipó-de-escada (*Bauhinia guianensis* var. *splendens* (Kunth) Amshoff), mamui (*Jacaratia spinosa* (Aubl.) A.DC.), mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.), oucuba (*Virola surinamensis* (Rol. ex Rottb.) Warb.), quina (*Geissospermum sericeum* Miers), quina (*Geissospermum laeve* (Vell.) Miers), pau-preto (*Maprounea guianensis* Aubl.), birdo-bravo (*Tapirira guianensis* Aubl.), marupá (*Jacaranda copaia* subsp. *spectabilis* (Mart. ex DC.) A.H.Gentry), almesca-branca (*Protium apiculatum* Swart), jutaí (*Hymenaea courbaril* L.), orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.) e pajau (*Coccoloba latifolia* Poir.) (Cristo *et al.*, 2012).

Área 2 (Pas.): Em 1998, novamente foi utilizado o corte e queima em parte da área para implantação da pastagem. Anualmente, o sistema, desde o momento da implantação é renovado com a utilização de aração e gradagem (20 cm), defensivos agrícolas aplicados por pulverização aérea, assim como calagem e adubação com N- P-K. Entretanto, entre 2015 e 2018 não houve revolvimento do solo com aração e gradagem, sendo realizadas aplicações anuais entre de 2015 e 2018 de inseticidas contra cigarrinha-da-pastagem (Cercopidae: Hemiptera), herbicidas e realizado a roçagem.

No último ano da renovação do sistema, o plantio foi realizado á lanço com as poáceas MG-5 (*Brachiaria brizantha* (A.Rich.) Stapf), capim-duro (*Elymandra lithophila* (Trin.) Clayton) e capim-brachiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Atualmente, o sistema é manejado pelo pastejo rotacionado. Em cada piquete de aproximadamente dois hectares há a rotação de 120 bovinos de corte tipo P, com oito dias de pastejo e trinta dias de descanso. Na área foram identificadas reboleiras de coco babaçu, banana (*Musa* sp.), e capim rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* L.) e ninhos de Formicidae. Os produtos mais utilizados no manejo animal são os endectocidas (à base de Ivermectina e Abamectina Merial), carrapaticidas, mosquicida pour-on (à base de Fipronil), oxitetraciclina, antiinflamatórios e toda a linha de vacinas (contra a febre aftosa, raiva, clostridioses e brucelose). Um mês antes da coleta da macrofauna foi realizada pulverização aérea de herbicidas (Glifosato).

Área 3 (Euc.): Em parte da área em que estava sendo utilizada para criação bovina foi realizado o plantio de *Eucalyptus* em outubro de 2008 com o clone I – 144, resultado do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* (W. Mill ex Maiden) x *E. urophylla* (S. T. Blake) espaçado a 3,5 x 2,60 m. No momento da implantação foram realizados todos os procedimentos recomendados para cultivo de eucalipto para fins energéticos. Sendo subsolagem a 40 cm, aplicação de calcário dolomítico (1,0 $t.ha^{-1}$), adubação de base com N.P.K (06-30-06), aplicação

de herbicidas pré-emergentes oxifluorfen, nas linhas de plantio na dose de 100 a 200 kg.ha^{-1}. Desde o plantio, não houve manejo ou corte de indivíduos na área.

4.2.3 Delineamento amostral

Em cada SUS foram coletadas dezesseis amostras da macrofauna em dois transectos espaçados a 50 m de distância (Figura 5). Sendo que em cada transecto foram amostrados oito monólitos com espaçamento de 50 m entre si. No total, 48 monólitos foram escavados.

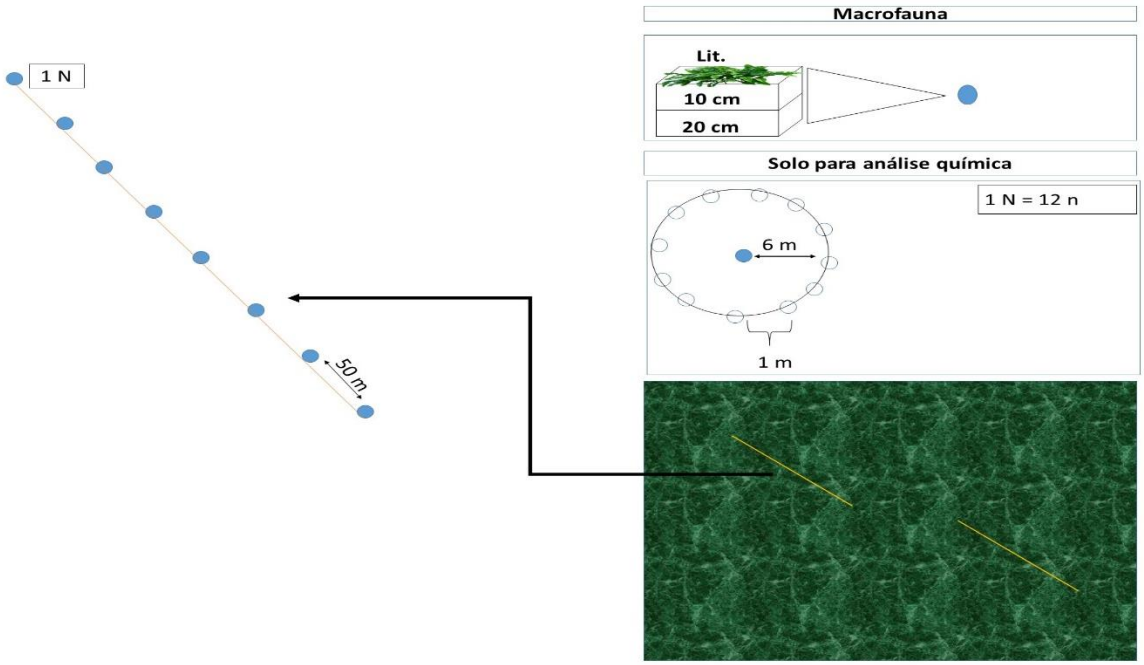

Figura 5: Representação esquemática do delineamento para coleta da macrofauna edáfica e solo para análise química nos diferentes ambientes.

4.2.4 Amostragem da macrofauna - Monólitos de solo (TSBF)

As coletas foram realizadas entre fevereiro e março de 2018 (período chuvoso), por este período apresentar alta riqueza de fauna do solo e uma variação reduzida da abundância dos grupos taxonômicos, sendo o mais indicado para a avaliação da fauna do solo (Neto *et al.*, 2012). As amostragens para coleta da macrofauna foram realizadas de acordo com o método recomendado pelo programa “Tropical Soil Biology and Fertility” (TSBF), descrito por Anderson e Ingram (1993).

Em cada um dos pontos (amostra) do transecto em cada SUS, um monólito de solo foi removido com auxílio de enxadão e pá reta. Um quadrado de madeira com dimensões de 25 x 25 cm foi usado para demarcar a área do monólito de solo, que foi cavado até 20 cm de profundidade e removido em duas camadas: 0-10 cm e 10-20 cm para área de Pastagem. Nos SUS Eucalipto e Floresta Secundária a liteira foi coletada separadamente, contando com três camadas para avaliação (liteira-solo, 0-10 cm e 10-20 cm). Todas amostras de um único local foram coletadas no mesmo dia.

As amostras das camadas de solos foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos e identificadas segundo os SUS, profundidade e ponto amostral. Operacionalmente, a macrofauna foi definida aqui como os grupos em que seus indivíduos são visíveis a nu (Kevan, 1968). Cada amostra foi transferida para uma bandeja plástica e os invertebrados foram retirados com pinça e pincéis e então fixados em potes com álcool 70% (42º GL para conservação das minhocas). Para indivíduos do grupo Oligochaeta foi realizado previamente conservação em formol 4% durante um mês antes da substituição pelo álcool.

No laboratório, com o uso de lupa binocular (x80) procedeu-se a contagem dos indivíduos de cada amostra e a identificação á nível de família (subfamília para Formicidae, Hymenoptera) com as descrições de Chu e Jacques (1946), Costa Lima (1953), Adis (2002) e Rafael *et al.*, (2012). Também foram separados de acordo com o estádio de desenvolvimento em adultos ou imaturos. Indivíduos da classe Oligochaeta foram classificados em microdrilos (<10 mm de comprimento) e megadrilos (> 10 mm de comprimento) (Righi, 1997) por falta de taxonomistas especializados.

Após o processo de triagem e identificação taxonômica os invertebrados adultos coletados foram classificados em grupos funcionais segundo o hábito alimentar em: Detritívoros/decompositores, Predadores/parasitas, Geófagos/bioturbadores, Fitófagos/parasitas (Beck e Gasparotto, 2000; Brown *et al.*, 2015) e outros.

4.2.3.1 Diversidade e densidade dos invertebrados

A estrutura da comunidade dos invertebrados edáficos foi comparada entre as fisionomias vegetais amostradas (SUS) e expressa por meio da abundância (ind.m^2), riqueza (S), diversidade (H') e equitabilidade (J) de famílias e grupos funcionais, estimadas para cada ponto amostral e SUS. A riqueza foi dada pelo número de famílias registradas em cada SUS.

A diversidade de famílias foi calculada pelo índice de Shannon-Weaner: (H') = -∑ pi *log pi (pi = ni/N; ni = abundância de cada grupo; N = abundância total); e a equitabilidade de Pielou pela formula: (J) = H/log S (H = índice de Shannon; S = riqueza total). H' é máximo quando todos os táxons são de igual abundância e é 0 quando há apenas um táxon. "J" é igual a 1 quando todos os táxons são de abundância igual e tende a 0 quando um ou alguns táxons dominam em grande parte a comunidade (Magurran, 2011).

A densidade (abundância) de indivíduos por metro quadrado (ind.m^{-2}) para indivíduos coletados foi calculada para cada grupo taxonômico e grupo funcional, expressa em termos absolutos e relativos (Formicidae: Hymenoptera). Calculou-se então a média aritmética e o respectivo erro padrão para cada táxon (desvio padrão/raiz quadrada do número de pontos) (Dionísio *et al.* 2016).

4.2.4 Atributos químicos do solo

Para avaliação dos atributos químicos do solo amostras foram coletadas nos mesmos pontos amostrais da macrofauna nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade em um raio de 6 m ao redor de cada monólito. Doze subconjuntos foram coletados em cada ponto amostral utilizando um trado holandês (Franco *et al.* 2016). Após a coleta as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de 2 mm de abertura (Terra Fina Seca ao Ar – TFSA). As seguintes determinações químicas foram efetuadas: pH em água, Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, P, C, N, Fe, Zn e Mn (Silva, 2009). Tanto para a liteira quanto para o solo a determinação do C seguiu o método Walkley-Black, e a determinação do N o método Kjeldahl (Silva, 2009).

Os macronutrientes (P, K^{+}, Ca^{2+} e Mg^{2+}), o pH (H_2O) e Al^{3+} trocável foram determinados de acordo com os métodos descritos por Silva (2009). O Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos com solução de KCL 1 Mol L^{-1}. O P e o K^{+} disponíveis foram extraídos com solução de Mehlich 1 (H2SO4 0,05 M + HCℓ 0,125 M). Os teores de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, e Al^{3+} trocável foram determinados no espectrofotômetro de absorção atômica (EAA). O P disponível foi determinado no espectrofotômetro por colorimetria, utilizando o molibidato de amônio e ácido ascórbico à 3% com leitura efetuada por espectrofotometria (660 nm).

O pH do solo foi determinado em H_2O na proporção solo: solução de 1:2,5, sendo as leituras das amostras realizadas no potenciômetro. A partir das análises químicas, as concentrações de Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} e Al^{3+} do solo foram determinadas em $cmol_c$. kg^{-1}, enquanto o P, e os micronutrientes (Fe, Zn e Mn) foram quantificados em mg. kg^{-1}.

A análise granulométrica foi realizada a partir da preparação de três amostras compostas por área em cada profundidade. Cada amostra foi composta de 16 subamostras. A análise granulométrica foi realizada com o método da pipeta (Claessen, 1997). Os teores de partículas de areia, silte e argila foram apresentados em porcentagem.

4.2.5 Análise da liteira

As amostras de liteira foram coletadas (nos pontos amostrais da macrofauna) com auxílio de um quadrado de madeira de 25 x 25 cm, e cortadas com uma faca dentro dos limites do mesmo, até o contato com o solo. Após a triagem para coleta da macrofauna no campo, as amostras de liteira foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados.

No laboratório foram secas ao ar (pré-secagem) e limpas com pincéis. Em seguida estes componentes foram secos em estufa de ventilação forçada a 60 ºC durante aproximadamente três dias antes de serem pesados. Após a pesagem as amostras da liteira foram moídas com auxílio de moinho tipo Willey, passadas em peneiras de 1 mm e armazenadas em potes de vidro higienizados, para posterior análises químicas.

Os macro e micronutrientes foram extraídos por digestão nitro-perclórica utilizando o aparelho Multiwave 3000 Anton-Paar com metodologia adaptada (250 mg de amostra). O P foi determinado utilizando molibidato de amônio e ácido ascórbico para determinação das concentrações com leitura realizada por espectrofotometria (725 nm). O C foi extraído e determinado pelo método Walkley-Black adaptado utilizando 250 g de solo triturado e HNo_3 (65%) e H_2O_2 (30%) como reagentes.

As concentrações dos parâmetros avaliados na liteira foram apresentadas em g. kg^{-1}, e as estimativas dos estoques contidas na liteira em kg. ha^{-1}.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Foram realizados os testes de homogeneidade (Cochran e Barttlet, 5%) e normalidade (Lilliefors 5%). As análises de comparação total dos grupos funcionais e famílias dos invertebrados para a riqueza de famílias (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equitabilidade de Pielou (J) foram realizadas no programa PAST (Hammer *et al.*, 2001) para cada SUS e ponto amostral (monólito).

Para comparação dos atributos químicos do solo e liteira e densidade dos invertebrados nas diferentes profundidades foi utilizado o teste de Wilcoxon pareado. Para análise do efeito do uso do solo sobre a estrutura da comunidade (densidade, S, J, H') foram utilizados modelos

aditivos generalizados (GAMs) com uso como efeito fixo (Floresta Secundária, Pastagem e Eucalipto) e transectos como fator aninhado (Legendre, 2002; Zuur *et al.*, 2009; Rousseau *et al.*, 2010). Diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0.05$. As análises foram realizadas no programa R Core Team (2018) com o auxílio do pacote BiodiversityR (Kindt e Coe, 2005) e mgcv (Wood, 2011).

Para análise do efeito dos atributos químicos sobre a estrutura da comunidade foram considerados valores médios dos índices, assim, a abundância em cada amostra foi somada. A estrutura da comunidade foi considerada como variável resposta e os valores de massa seca e os atributos químicos do solo e liteira como variável preditora. As análises de correlações foram avaliadas pelo GAMs acima descrito, com o transecto como fator.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram detectadas correlações entre os atributos químicos do solo e teores de nutrientes e massa de liteira com a estrutura dos invertebrados (p>0,05). Correlações foram observadas entre a abundância de invertebrados detritívoros e Microdrilos com teores de Ca^{2+} no solo. A abundância de Fitófagos, Predadores, Microdrilos e Myrmicinae foram correlacionados com teores de Fe total no solo.

Em todos os ambientes os valores de K, Ca e P foram classificados como baixos, Zn como médio e Fe e Mn alto. Apenas na FS o pH do solo é muito baixo (<4,5), diferindo do Euc. e Pas. (p<0,05), entretanto, tanto no Eucalipto quanto na Pastagem os valores encontrados ainda são considerados abaixo do adequado (>6), tendo como referência tabelas de fertilidade de solos do Pará (Cravo *et al*., 2007). Na FS foram observados baixos teores de M.O.S e Mg, enquanto que no Eucalipto a M.O.S e Mg apresentam valores médios. Apenas a FS apresenta alto teor de alumínio (Tabela 3). De maneira geral, Mn, N e Zn não diferiram entre os ambientes (p>0,05). A textura não diferiu entre os ambientes (Tabela 2).

Tabela 2: Caracterização textural dos Sistemas de Uso do Solo (SUS) em Marabá-Pará, Brasil. Médias. n=3.

SUT	Camada	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Textura
	(cm)			(%)		
FS	10	20,73	40,17	17,99	21,10	Franco-Siltoso
	20	25,78	41,50	13,69	19,03	Franco-Siltoso
Pas.	10	18,58	41,16	22,10	18,16	Franco-Siltoso
	20	21,18	35,80	21,01	22,00	Franco-Siltoso
Euc.	10	14,03	23,32	39,28	23,36	Franco-Siltoso
	20	25,78	41,50	13,69	19,03	Franco-Siltoso

FS, Floresta Secundária; Euc, Eucalipto; Pas., Pastagem.

Alfaia *et al.*, (2004) mostraram que, com a derruba e queima da floresta para implantação de sistemas agroflorestais e pastagens, ocorre o esperado incremento nos teores de Ca e Mg trocáveis, por meio do poder tampão de cinzas (Cravo *et al.*, 2007) e que podem perdurar por dez anos de uso da terra em comparação a solos de floresta primária. Isto pode explicar o porquê da maioria dos elementos trocáveis terem maiores concentrações no Euc. e Pastagem comparados a FS (Tabela 3), devido aos melhores resultados relacionados à acidez do solo, a exceção do Al^{3+} que é favorecido em condições de pH baixo.

Tabela 3: Teores de pH, macro e micronutrientes do solo (0-20 cm) nos diferentes Sistemas de Uso do Solo (SUS) em Marabá-Pará, Brasil. Mediana. n=16.

SUS	pH	M.O.S[a]	N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Al^{3+}	P	Fe	Zn	Mn
	(H_2O)	($g.kg^{-1}$)		($cmolc.\ kg^{-1}$)				($mg.\ kg^{-1}$)			
FS	4,49 a	18,7 a	1,25 a	0,34 a	0,36 a	0,14 a	3,77 a	1,04 a	264 a	1,02 a	41,22 a
Pas.	5,43 b	27,35 b	1,17 a	1,28 b	0,37 a	0,13 a	0,49 b	1,13 a	490 b	1,13 a	26,85 b
Euc.	5,35 b	26,36 b	1,20 a	1,48 b	0,93 b	0,21b	0,43 b	1,56 b	297 a	1,56 a	39,34 a

ab= Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5%; FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Eucalipto; [a] Matéria orgânica do solo.

Na Pastagem, foi observado diferenças significativas entre as profundidades exceto nos teores de N, Ca e pH (Tabela 4). Apenas na FS o teor de $C_{org.}$ não diferiu entre as profundidades (p>0,05). Em pastagens grande parte do sistema radicular das gramíneas concentra-se nos primeiros centímetros do solo (aproximadamente 40 cm), o que garante maior aporte de matéria orgânica nas camadas superficiais (Buschbacher *et al.*, 1988; Desjardins *et al*., 2000; Desjardins *et al*., 2004; *Müller et al*., 2004). Desjardins *et al*., (2004) mostraram que em pastagens no mesmo município deste estudo o $C_{org.}$ tende a decrescer de acordo com a profundidade, com maior porcentagem a 0-5 cm em comparação 20 cm. *Müller et al*., (2004) também encontrou variações a 10 (17,2 $mg.g^{-1}$) e a 20 cm (7,6 $mg.g^{-1}$) em pastagem no mesmo município.

Estudos mostram que a maior quantidade de C_{org} em pastagens está relacionada ao não aproveitamento pelas plantas. Uma vez que o C na pastagem é associado a partículas finas do solo (0,2 µm) independentemente da textura do solo. Mantendo-se constante por vários anos (>10 anos) após a implantação das pastagens (Desjardins *et al*., 2000; Spiotta *et al*., 2009). Os teores de N, pH, P, Al^{3+} na pastagem são similares a outros estudos e seguem a mesma tendência de valores nas profundidades (Desjardins *et al*., 2000; Desjardins *et al*., 2004; *Müller et al*., 2004). Concluindo que a degradação da pastagem, quantificada pelo decréscimo da produção de forragens e invasão de ervas espontâneas é acompanhado pela concentração do sistema radicular nos primeiros centímetros (Desjardins *et al*., 2000; Desjardins *et al*., 2004).

Tabela 4: Teores de pH, macro e micronutrientes do solo nos diferentes Sistemas de Uso do Solo (SUS) e camadas em Marabá-Pará, Brasil. Mediana. n=16.

SUS[a]	Camada	pH	$C_{org.}$	N_t	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	P	Fe	Zn	Mn
	(cm)	(H_2O)	($g.kg^{-1}$)		($cmolc.kg^{-1}$)				($mg.\ kg^{-1}$)			
FS	10	4,58a	13,95a	1,37a	0,73a	0,43a	0,18a	3,16a	1,38a	297,85a	1,43a	62,45a
	20	4,59a	12,49a	1,21a	0,40a	0,32a	0,13a	3,76a	0,82a	254,04a	1,04a	64,95a
Pas.	10	5,64a	22,39a	1,59a	2,15a	0,88a	0,30a	0,35a	3,03a	650,54a	2,66a	40,76a
	20	5,40a	11,84b	1,04ba	1,52a	0,43b	0,17b	0,91b	1,05b	531,41b	0,39b	24,88b
Euc.	10	5,52a	21,23a	1,33a	1,95a	1,53[a]	0,24a	0,55a	1,78a	288,39a	2,03a	47,23a
	20	5,53a	14,40b	1,20a	1,90a	1,05[a]	0,22a	0,39a	1,40a	281,59a	1,47a	39,80a

a,b= Valores seguidos da mesma letra na coluna, dentro do mesmo SUS, não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon pareado a 5%. FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Plantio de Eucalipto, N_t, nitrogênio total.
[a] Matéria orgânica do solo.

As pesquisas sobre solos no Pará revelam grau avançado de intemperismo, baixa fertilidade natural, baixos teores de P disponível, pH muito ácido e presença de mineralogia oxidica e caulinitica (RadamBrasil, 1974; Cravo *et al*., 2007). Na Amazônia, altas precipitações e a baixa capacidade de troca catiônia resultam, em alta lixiviação de K com consequente deficiência na maioria dos solos (Cravo *et al.*, 2007). A concentração de K trocável é baixa em solos da Amazônia, onde quantidades inferiores a 0,15 cmolc. kg^{-1} (0-20 cm) são comuns em mais de 62% de sua área (Smyth, 1996). A dinâmica de N no solo sob culturas perenes é muito mais difícil de ser avaliada do que sob culturas anuais devido ao alto volume de solo explorado pelas raízes (Alfaia *et al*., 2008), entretanto, sabe-se que no solo, o N encontra-se predominantemente na forma orgânica, o que corresponde a mais de 98% do N total (Alfaia, 2006).

Os teores totais de N, P e K e massa seca da liteira não foram diferentes nas áreas avaliadas (p>0,05) (Tabela 5). Correlações entre teores de nutrientes da liteira e a estrutura da

comunidade não foram encontradas possivelmente por a primeira não ter sido separada em frações (galhos, folhas, resíduos florestais), considerando que cada fração conta com períodos de ciclagem diferentes, o que disponibiliza as maiores concentrações e conteúdos (Carim *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 2014). Em floresta secundária de 55 anos em Manaus cerca de 65% da liteira é constituída por material folhoso (Scarazatti, 2009).

Além da separação do material da liteira, teores de polifenois é apontado como a principal característica que interfere na palatabilidade da macrofauna (Ashwini e Sridhar, 2005; Gonzalez *et al.*, 2012). Como também a necessidade de classificação taxonômica a níveis inferiores, necessário para uma compreensão e determinação mais abrangente do papel dos vários grupos em cada escala de funcionamento (Lavelle *et al*. 2006) e condições de manejo, histórico de uso e cobertura do solo (Baretta *et al.* 2014).

Tabela 5: Massa seca e teores totais de nutrientes da serapilheira em Floresta Secundária (FS) de 40 anos e plantio de clone de *Eucalyptus* sp. – I-144 (Euc.) de 10 anos em Marabá-Pará, Brasil. Mediana. n=16

	M.S	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	K	C	N	P
	kg. ha^{-1}	mg.kg^{-1}			g.kg^{-1}					
FS	1,884.48 a	404,97a	46,18a	136,91b	8,15a	2,40b	4,57a	454a	9,84a	0,34a
Euc.	2,028.16 a	166,00b	26,90b	399,55a	8,61a	3,24a	6,74a	314b	8,46a	0,29a

M.S, Massa seca; FS, Floresta Secundária, Euc., Eucalipto. ab= Valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5%.

A quantidade de liteira no Eucalipto e Floresta Secundária neste estudo é similar aos valores encontrados em outros estudos, com a 2.390 kg ha^{-1} em floresta secundária e 2.010 kg ha^{-1} em eucalipto (Neto *et al*., 2001), 3.83 t ha^{-1} ano $^{-1}$ em floresta secundária (Teixeira, 2001). Em outro estudo igualmente não foram encontradas diferenças significativas entre floresta secundária de 40 anos (6,8 Mg ha $^{-1}$ ano^{-1}) e plantio de eucalipto de 5 anos (4,5 Mg ha $^{-1}$ ano^{-1}) Barlow *et al*., (2007). A liteira de eucalipto apresenta alta relação C/N e também alta relação C/P e C/S, o que contribui para lenta decomposição do resíduo (Adams e Attiwill, 1986; Louzada *et al*., 1997). Esses fatores contribuem para os incrementos nos estoques de COT (carbono orgânico total) e NT (nitrogênio total) nas camadas mais superficiais (Skorupa, 2001).

Hofer *et al.*, (2001) analisaram a contribuição da meso e macrofauna edáfica na decomposição da liteira em florestas secundárias (13 anos) e florestas primárias durante dois anos e constataram que a macrofauna do solo determinou os processos de decomposição em todos os lotes estudados com taxa de decomposição de 0,6 kg ano^{-1} para floresta secundária e

3,1 kg ano^{-1} na área de floresta primária. Com a exclusão dos componentes da fauna edáfica a taxa de decomposição ficou em torno de 0,3-0,6 kg ano^{-1} independente do sistema de uso. Os autores também observaram que o efeito da macrofauna edáfica foi maior na floresta primaria onde a macrofauna e os oligoquetos foram mais abundantes (a maior perda de peso ocorreu nas folhas em sacos de malha grossa). Outros autores também registraram o efeito positivo da macrofauna do solo na decomposição da liteira (Zicsi *et al.*, 2001; Frouz *et al.*, 2015).

Nos trópicos úmidos e sub-úmidos as florestas secundárias maduras (>15 anos) podem acumular de 300 a 450 Mg ha^{-1} de biomassa acima do solo (Uhn *et al*., 1988). O aporte de nutrientes na serapilheira proveniente das folhas, em kg ha^{-1} ano^{-1}, varia de 80 a 155 para o N; de 1 a 10 de P e de 15 a 72 para o K (Bartholomew *et al*., 1953). Em florestas secundárias de 40 anos na Amazônia Oriental *Tapirira guianensis* Aubl. domina em abundância e área basal, contribuindo com 51,2% do total de material da liteira avaliada Carim *et al*., (2007).

Apesar da mineralização de nutrientes ocorrer principalmente pela ação de microorganismos do solo (fungos e bactérias), a atividade destes organismos é profundamente correlacionada com ação da meso e macrofauna edáfica (Wardle, 2002). Por exemplo, em estudos de solos de floresta temperada, foi observado que cerca de 250 g.m^{-2} de serapilheira são ingeridos por minhocas e enquitreídeos, 30-40 g.m^{-2} por ácaros e 50-60 g.m^{-2} por colêmbolos do total anual de 400 g.m^{-2} (Costanza *et al.*, 1997).

Resíduos com baixa relação C/N podem estimular a atividade de bactérias e seus predadores, como os nematóides. Por outro lado, resíduos com elevada relação C/N podem estimular a atividade de fungos e seus predadores, como colêmbolas e ácaros (Bardgett, 2005). Em ecossistemas onde a liteira depositada apresenta características diferenciadas, tais como baixa concentração de nutrientes e altos teores de polifenóis totais, entre outros, ocorre uma diminuição das comunidades de invertebrados do solo (Baretta *et al*., 2014).

Embora os fungos tenham alguma capacidade de alcançar novos substratos através do crescimento micelial e translocação do citoplasma, demonstrou-se que a dispersão de seus propágulos é melhor realizada com a ajuda de invertebrados (Swift e Boddy 1984). Estes microorganismos, atualmente vêm sendo bastantes estudados pelos efeitos benéficos de ampliação da capacidade de a planta absorver agua e nutrientes, principalmente os de baixa mobilidade no solo como P, Zn e Cu em comparações a plantas não colonizadas por FMAs em solos tropicais, sendo estimado em 80% de participação na absorção do P pelas plantas (Sturmer e Siqueira 2013).

Foram coletados 11.234 invertebrados em 17,6 m^2 de solo, distribuídos em 96 famílias com densidade média de 1.221 (±142) indivíduos por m^2. O número de famílias por monólito associadas aos SUS foi de 4,7 (63 indivíduos por monólito), 2,2 (74 indivíduos por monólito) e 3,4 (99 indivíduos por monólito) na Floresta Secundária, Pastagem e Eucalipto, respectivamente. Formicidae (70,8%) e Oligochaeta (14,8%) foram os táxons mais abundantes. Os coleópteros representaram 3,92% da densidade total (23% larvas) e os miriápodes 2,38% (Figura 6).

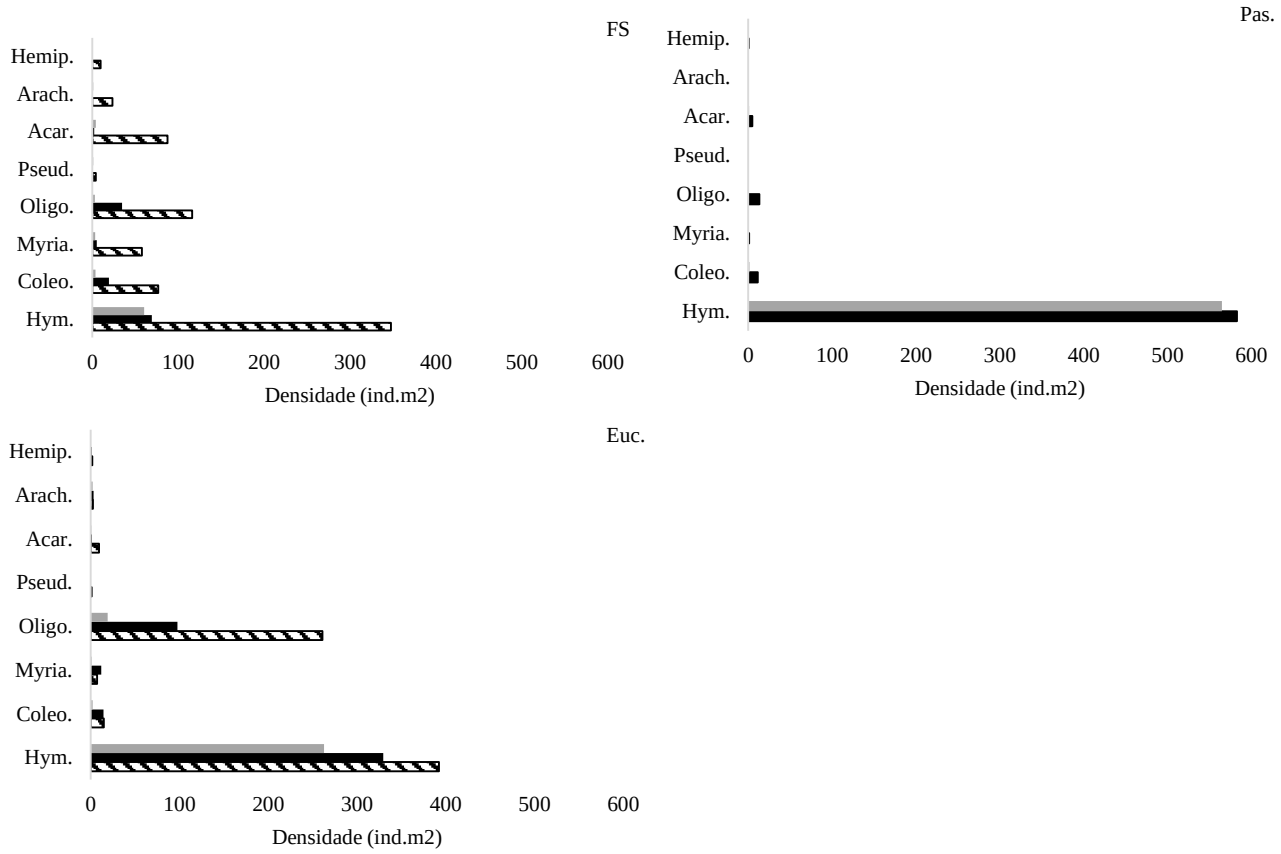

Figura 6: Densidade total dos invertebrados entre os SUS e profundidades em Marabá-Pará. Liteira: barras rasuradas, 0-10 cm: barras pretas, 10-20 cm: barras cinzas. FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Eucalipto; Hemip., Hemiptera; Arach., Arachnida; Acar., Acari; Pseud., Pseudoscorpionida; Oligo., Oligochaeta; Myria., Myriápoda; Coleo., Coleoptera; Hym., Hymenoptera.

Em ordem decrescente, a abundância total dos grupos funcionais foi de geófagos/bioturbadores (71,7%), detritívoros/decompositores (28,9%), predadores/parasitas (2,7%) e fitófagos/herbívoros (1,7%) (Figura 8). Geófagos e detritívoros foram os grupos funcionais dominantes em todos os SUTs. Maior abundância relativa de fitófagos e predadores foram encontrados na FS (p>0.05). A abundância relativa de detritívoros entre a FS e o Euc. não diferiram (p>0,05), devido a maior abundancia total de Microdrilos no Plantio de Eucalipto (p<0,05) (Figura 7, Apêndice A). Entre o Plantio de Eucalipto e Pastagem não foram observadas diferenças significativas na abundância relativa de Fitófagos e predadores (p> 0,05).

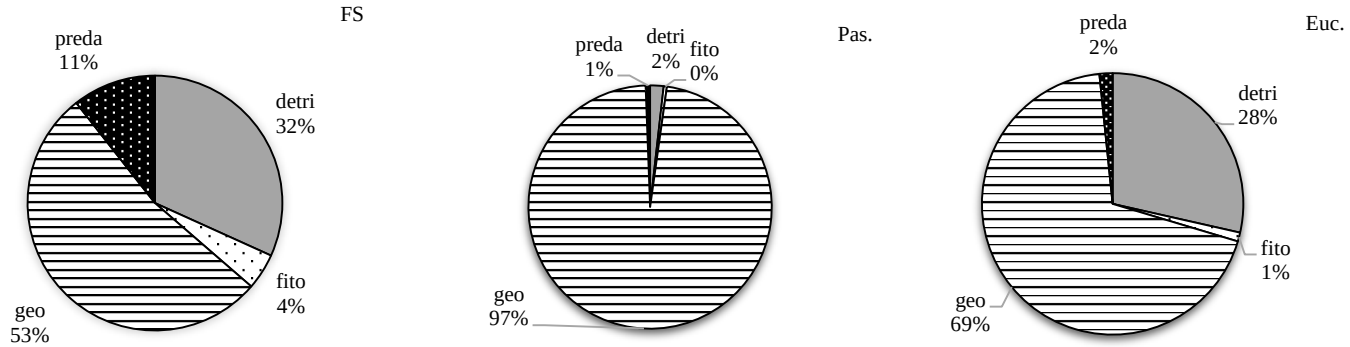

Figura 7: Distribuição percentual da densidade total dos grupos funcionais nos diferentes SUS na área de estudo em Marabá-Pará, Brasil. Fonte: Autor. Lit., Liteira; detri, detritívoros/decompositores; preda, predadores/parasitas; fito, fitófagos/herbívoros; geof, geófagos/bioturbadores, FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Eucalipto.

O gradiente de uso da terra afetou a comunidade de invertebrados em todos os parâmetros avaliados (S, J, E) (p=<0,05). Os índices avaliados foram altamente correlacionados com o nível de distúrbio, partindo gradativamente da Pastagem para o Plantio de Eucalipto até a Floresta Secundária (Apêndice A). Os valores mais elevados dos índices de diversidade na Floresta Secundária em relação ao plantio de Eucalipto indicam uma melhor uniformidade entre as abundâncias das famílias, uma vez que a riqueza de famílias não diferiu (p>0,05). Tal resultado mostrou-se de acordo com a expectativa teórica, de que uma maior diversidade estrutural do ambiente implica em uma maior diversidade de espécies (Pianka, 1983). O esforço amostral foi representativo para a estimar a riqueza de famílias, a partir do 13° monólito não foi registrada nenhum novo táxon, ocorrendo a estabilidade da curva de esforço amostral (Figura 8).

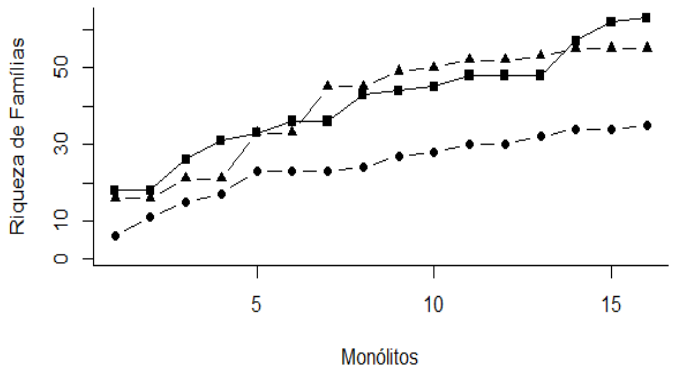

Figura 8: Relação esforço amostral x número de famílias nos diferentes SUS em Marabá-Para. Círculos representam Pas., quadrados a FS e triângulos o Euc.

Das famílias identificadas, 29 foram encontradas apenas na floresta secundária, oito na área de pastagem e sete no plantio de Eucalipto. A redução na riqueza taxonômica para interface liteira-solo foi de 27,3% com a sequência completa de uso da terra. Com perda 52,6% da Floresta Secundária para Pastagem e aumento de 52,7% da Pastagem para Eucalipto. Aparentemente, a presença de componente arbóreo e consequente aporte e acúmulo de liteira resultou na recuperação do número de famílias da Pastagem para o Eucalipto após 10 anos (Figura 9). Padrão semelhante foi encontrado em Itupiranga - Pará numa sequência floresta primária-pasto-capoeira de sete anos (Mathieu, 2004).

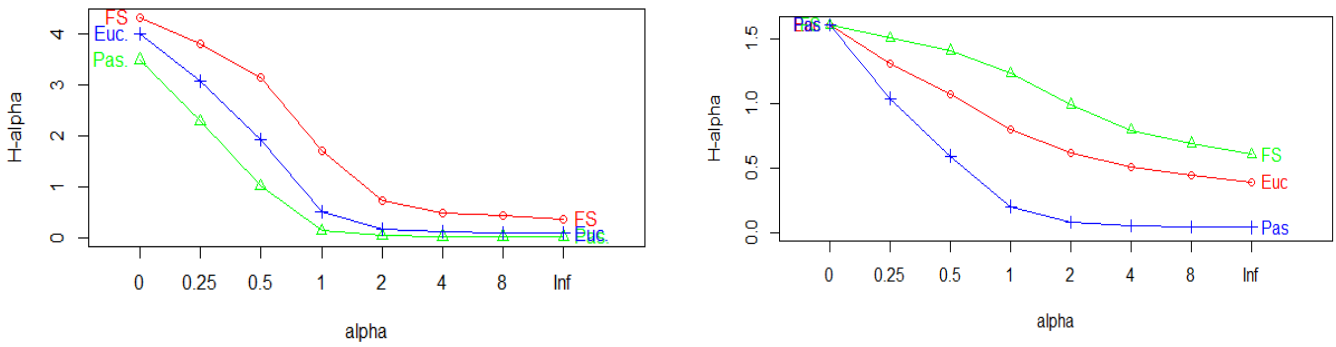

Figura 9: Perfis de diversidade de Reinyi dos diferentes SUS em Marabá-Pará. a) Perfil de diversidade de Famílias; b) Perfil de diversidade de grupos funcionais.

Um indicativo desse processo de colonização é dado pelo perfil de diversidade por ordenação decrescente (Figura 9). Dois fatos devem ser considerados: se os perfis se cruzam, é provável que um local tenha mais riqueza enquanto outro tenha mais equitabilidade, embora

isso não seja uma condição necessária, e, conforme abundância entre as famílias vão sendo alteradas de modo a haver menor equitabilidade a curva tende a ficar mais inclinada (Hill, 1973).

Os perfis de diversidade de riqueza de famílias (Figura 9a) e riqueza de grupos funcionais (Figura 9b) seguem ordenação FS > Euc. > Pas. O maior alpha (infinito) da FS indica que além de mais diversa a distribuição da abundância das famílias e grupos funcionais neste ambiente é mais equitativa. Entretanto, dado a inclinação da reta é possível afirmar que nos três ambientes há dominância de famílias (Formicidae) e grupos funcionais (geófagos), e que a FS ainda se encontra com baixa diversidade ao se considerar valores de abundância e diversidade comumente encontrado em estudos na Amazônia (Rousseu *et al.*, 2010; Apêndice B). Entretanto, são necessários inventários de famílias típicas de início de sucessão secundária para discussões mais válidas (Baar *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2018).

Na Amazônia Oriental em áreas de floresta primária além das formigas, grupos como térmitas e paurópodes apresentam significativa abundância relativa (Bandeira e Torres, 1988; Mathieu, 2004; Rousseau *et al.*, 2010 Velasquez *et al.*, 2012). Em sistemas já perturbados com metade da idade de recuperação deste estudo porcentagens significativas de térmitas, coleópteros e oligoquetos (não microdrilos) foram observados (Rousseau *et al.*, 2010; Rodrigues *et al.*, 2016), táxons estes largamente utilizados como bioindicadores da qualidade do solo e recuperação ambiental (Lavelle *et al.*, 1997; Lavelle *et al.*, 2006). Entretanto, a baixa densidade de oligoquetos maiores neste estudo pode estar relacionado a textura do solo, considerando que em situação de baixa quantidade de argila os miriápodes substituem os megadrilos (Brown *et al*., 2015).

A distribuição vertical dos invertebrados na Floresta Secundária se concentrou na liteira, sendo 83,1% da abundância total (Figura 10), com 81,9% (114,13 ind.m^2) dos microdilos, 95,6% (81,06 ind.m^2) dos Oribatídeos, 100% dos térmitas, 92,8% (26,6 ind.m^2) dos Carabidae, 80,8% dos Staphylinidae (26 ind.m^2) e 79,7% (291,2 ind.m^2) dos Myrmicinae. No Plantio de Eucalipto, na mesma camada, foram encontrados 92,6% (261,1 ind.m^2) dos microdilos, 98,6% (7,7 ind.m^2) dos Oribatídeos, 96,3% (4,6 ind.m^2) dos Pyrgodesmidae, 90,8% dos Staphylinidae (7,2 ind.m^2) e 77,4% (383,6 ind.m^2) dos Myrmicinae, entretanto, em relação a abundancia total apenas 48,1% (701 ind.m^2) dos invertebrados foram encontrados na liteira.

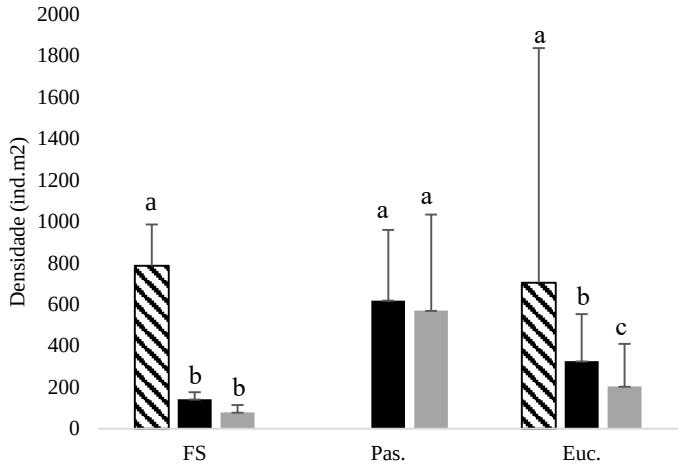

Figura 10: Distribuição da densidade total dos invertebrados nos diferentes SUS e suas respectivas profundidades na área de estudo em Marabá-Pará, Brasil. Fonte: Autor. Lit.=Liteira. Liteira: barras rasuradas, 0-10 cm: barras pretas, 10-20 cm: barras cinzas. Médias e erro padrão. Médias seguidas da mesma letra, no mesmo SUS não apresentam diferenças estatística pelo teste de Wilcoxon a 5% de probabilidade.

Um indicativo da importância da liteira é observado pela distribuição de famílias dentro SUS. Ao se considerar apenas a camada de solo de 10 e 20 cm, das 24 famílias exclusivas da FS somente duas foram encontradas apenas no solo (Caponiidae e Mecistocephalidae). A existência de maiores densidades e diversidade de grupos de macro-invertebrados na liteira sobre o solo é reconhecida em virtude da presença de matéria orgânica e detritos vegetais variados, que funcionam como fonte de energia e alimento para toda uma cadeia trófica dependente (Anderson e Swift, 1983).

Carabidae e Staphylinidae são predominantemente predadores generalistas entretanto, a mistura de dietas estimula a fecundidade de Carabidae (Bilde e Toft, 1998; Barbosa 2011), até mesmo em espécies especialistas (Jorgensen e Toft, 1997), mas a fecundidade pode ser afetada pela qualidade do alimento oriundo de apenas uma dieta (Bilde e Toft, 1999). Isto pode explicar porque a densidade de Staphylinidae e Caribidae diferem entre a FS e Euc. ($p<0,05$), alcançando uma redução de 88,3% menor na densidade de Carabidae no Plantio de Eucalipto em relação a Floresta Secundária ($p<0,05$).

No sistema pastagem, a distribuição da abundância dos invertebrados entre as camadas de 10 e 20 centímetros foi uniforme, com 52% (619,01 ind.m^2) e 42%, respectivamente, da abundância total para o SUS. Dos táxons, a subfamília Myrmicinae representa 95,7% da

densidade total, com 50% da concentração nos 10 primeiros centímetros. Analisando dados do Projeto SHIFT, Martius *et al.*, (2004) chegaram à conclusão de que a fauna do solo realiza migrações verticais em curto prazo, em condições de temperatura e umidade. Em pastagens, os valores de temperatura podem chegar a 50 ºC durante o dia (Ferreira *et al*., 1998).

Em áreas de pastagens no Estado do Pará na presença de tufas de poáceas, a riqueza de morfoespécies foi duas vezes maior numa área coberta sob a tufa de gramíneas (9-10 espécies por monólito) em comparação às áreas descobertas no entorno (4-5 morfoespécies), sendo este efeito estendido para a densidade total (de 768 ind.m2 no primeiro caso, e 274 no segundo) (Mathieu *et al*., 2004), o que mostra a importância de condições microclimáticas na abundância dos invertebrados edáficos.

A diversidade de famílias (índice de Shannon-Wiener) sofreu uma redução de 88%, quando se comparou o ambiente de Floresta secundária e Pastagem. Os táxons que mais contribuíram para esta redução percentual são os indivíduos de Arachnida e os miriápodes (Figura 5). Esta redução certamente está relacionada com a menor complexidade estrutural do ambiente como é o caso das pastagens refletido pela ausência de liteira (Baretta *et al*., 2014), microclima mais instável (Gullan e Craston 2014), maior variação de temperatura do solo (Villani e Wright 1990), menor complexidade estrutural e funcional da vegetação, o que reduz a quantidade e qualidade de sítios de nidificação (Menta *et al.*, 2013) e, uso de substâncias químicas (Assis 2016; Reimche, 2014).

Os fatores acima citados reduzem a abundância e diversidade de organismos mais específicos enquanto favorecem a abundância de organismos competitivamente mais aptos, como a família Formicidae, por esta ser capaz de colonizar ambientes com poucos recursos (Moutinho, 1998). Estudos mostram que condições propiciadas pelo homem, como maior incidência de luz solar nos ninhos (Perfecto e Vandeermer, 1996) e maior oferta de recursos vegetais de plantas espontâneas são favoráveis ao estabelecimento da família (Vasconcelos, 2008). De maneira semelhante a este estudo e com diferentes métodos de amostragem Chanatásig-Vaca *et al*., (2011), Miranda *et al.*, (2012), Harada *et al.*, (2013), Vergara-Navarro e Serna (2013), Gutiérrez *et al.*, (2017) registraram a subfamília Myrmicinae como grupo taxonômico dominante em ecossistemas neotropicais.

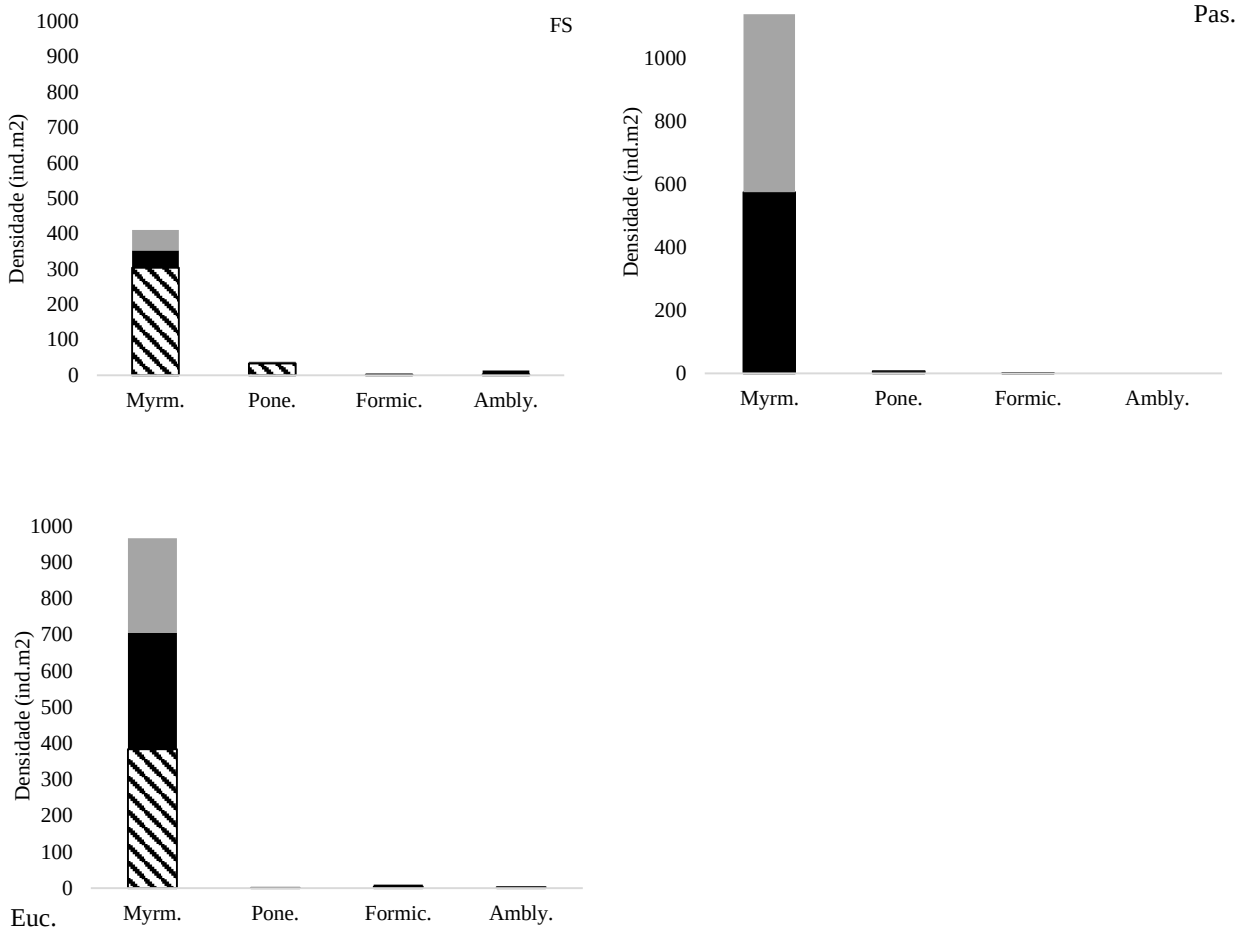

Figura 11: Distribuição da densidade total de Formicidae nos diferentes e profundidades SUTs na área de estudo em Marabá-Pará, Brasil. Liteira: barras rasuradas, 0-10 cm: barras pretas, 10-20 cm: barras cinzas. FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Eucalipto, Myrmi., Myrmicinae; Pone., Ponerinae; Formic., Formicinae; Ambly., Amblyoponinae; Parap., Paraponerinae.

Na FS, onde ocorrem os melhores índices de diversidade de invertebrados e oferta de alimento e abrigo, a abundância relativa de Myrmicinae não alcança 50% do total observado (40,6%). Na sequência, com a conversão para Pastagem e consequente redução de 87,5% da equitabilidade, o número de indivíduos da subfamília aproximadamente triplica (1.139,1 ind.m^2), favorecendo sua abundância relativa em 55,1%. Da Pastagem para o Eucalipto, com a entrada do componente arbóreo o número total de indivíduos na subfamília reduz em 15%, refletindo na sua abundancia relativa que decresce cerca de 29% em comparação ao uso anterior, entretanto, a abundância total entre os dois SUS não difere (p>0,05).

A diversidade de adaptações ecológicas de Myrmicinae (Hölldobler e Wilson, 1990) quando se trata de hábitos alimentares e nidificação (Fowler *et al*., 1991) e mecanismos de competição (Moutinho, 1998) parecem explicar a significativa abundância total e relativa, dentro e entre ambientes. Da FS para a Pastagem a redução de locais para nidificação e forrageio

reduz a abundância de outros artrópodes, favorecendo ambas medidas de abundâncias, uma vez que dado o hábito alimentar esta subfamília pode se posicionar em diferentes níveis na cadeia trófica, apresentando papéis de predadoras ou consumidoras primárias (Brandão *et al.*, 2012).

Dada a ampla diversidade taxonômica e alimentar de Myrmicinae é possível inferir sobre o efeito dos fatores de uso sobre a mesma, entretanto, para saber o efeito da subfamília sobre propriedades químicas do solo é necessário identificação à níveis inferiores como tribos, subtribos, gêneros e espécies na busca de condições comuns e exclusivas. O que poderia mostrar, por exemplo, se os gêneros encontrados em todos os ambientes são os mesmos (Gutiérrez *et al.*, 2017). Por outro lado, o potencial da subfamília no que se refere a bioturbação do solo e dispersão de sementes é independente de categorias taxonômicas. Myrmicinae é capaz de revolver aproximadamente 36 t m^3 de solo (Brandão *et al.*, 2012). O que exerce influência direta na estrutura do solo, aumentando sua porosidade e a capacidade de drenagem por meio da redução da densidade absoluta (Frouz e Jiková, 2008).

Por outro lado, com o aumento da diversidade há o aumento de interações tróficas como a competição e predação, indicado pela maior abundância de predadores no Eucalipto em comparação a Pastagem ($p<0,05$), simultaneamente, ocorre também a supressão de espécies específicas e espécies sensíveis a substâncias secundarias (Brito *et al*., 2006; Lim *et al*., 2012; Roh *et al*., 2013; Souza *et al*., 2016). Chilopoda e Araneae são predominantemente predadores e sua presença em Euc. indica maior diversidade de presas nesse ambiente em comparação a pastagem (Merlim *et al*., 2005).

Em Minas Gerais, em condições similares de altitude Martins *et al.*, (2017) observaram abundância relativa de formigas semelhante (62,7%, 65,9% neste estudo) em plantio de eucalipto com sete anos de implantação. No mesmo estudo, Enchytraeidae só foi encontrada no cultivo de cana-de-açucar (*Saccharum officinarum* L.) e em densidade maior que na área de floresta primária, segundo os autores relacionado a positivos valores de umidade e P (13,0 $mg.dm^3$). Em estudo no Cerrado esta família (Enchytraeidae) esteve mais relacionada a porcentagens de umidade e M.O.S que uso/cobertura do solo (Franco *et al*.,2016).

É possível que estas diferenças sejam atribuídas a padrões regionais de diversidade influenciado por condições climáticas, de altitude e relevo (diversidade gama) (Decaens, 2010), principalmente por outros estudos em biomas diferentes (Centro-Sul do Brasil) terem encontrado padrões distintos (Franco *et al.*, 2016). Além dos fatores ecológicos locais que interferem na recuperação da vegetação, principalmente o tipo de remoção florestal (Uhl *et al.*,

1984), uso após a remoção (Salomão *et al.*, 2012), bem como o tamanho da clareira artificial aberta e da distância da floresta primária (Salomão *et al.*, 1998). Outro fator é a alta variabilidade local dos invertebrados, dos táxons de estudos e métodos de amostragem utilizados.

O uso de substâncias químicas anti-helminticas em gados, como lactonas macrocíticas, podem passar para o ambiente pelas fezes do animal (Craston e Gullan 2014), onde em diversas situações exercem efeitos tóxicos em organismos não alvo. Larvas de coleóptera e, principalmente indivíduos em que o exoesqueleto é ausente como as moscas, e organismos com respiração tegumentar como as minhocas são os organismos mais suscetíveis aos efeitos destes elementos (Didden e Römbke, 2001; Reimche, 2014).

Em ensaios ecotoxicológicos com Enchytraeidae foram observadas reduções significativas na reprodução e abundância do táxon em todas as concentrações de Roundup WG® (formulação comercial) quando comparada ao tratamento com solo coletado em área de Floresta Natural (Assis, 2016). Em 21 dias após a aplicação os organismos tiveram as maiores reduções na reprodução nas concentrações com 125 e 150 mg kg^{-1}, sendo que a última concentração é a recomendada pelo fabricante.

Apesar de grande parte das substâncias químicas utilizadas na agricultura serem degradadas com o tempo ainda há bastante controvérsia quanto aos seus efeitos residuais na degradação da biodiversidade (Didden e Römbke, 2001; Araújo *et al*., 2003; Aparicio *et al*., 2013). Principalmente no caso de organismos edáficos, em que o conhecimento da diversidade ainda é escasso e há poucas pesquisas com monitoramento em longo prazo (Ferrenberg e*t al.*, 2016). Por exemplo, após muitos anos de pesquisa, mais de 200 espécies de artrópodes e até 1.000 espécies de animais do solo em geral foram identificadas em 1 m^2 de solo numa floresta temperada na Alemanha (Schaefer e Schauermann 1990). No entanto, é provável que menos do que 50% dos artrópodes de solo norte-americanos tenham sido descritos (Dionísio *et al.*, 2016).

Dependendo das condições do solo, sobretudo na quantidade de matéria orgânica e teores de argila o período de meia vida do glifosato pode ser de menos de uma semana até meses (Toni *et al.*, 2006). Somado ao constante revolvimento do solo e a ausência de liteira, a aplicação de defensivos agrícolas explica a redução significativa (p<0,05) na densidade de larvas de Díptera e Coleóptera e Oligoqueta na Pastagem em comparação aos outros SUS neste estudo, onde foram encontrados apenas representantes de microdrilos em baixa densidade

(p<0,05, 13,1 ind.m^2) e somente em manchas com grande quantidade de matéria orgânica (observação do autor).

Contudo, o conhecimento sobre a ecologia e biologia da família Enchytraeidae nos trópicos ou subtrópicos ainda é vago (Römbke, 2007, Niva *et al*., 2010), o que dificulta a discussão sobre a densidade significativamente maior do táxon no Plantio de Eucalipto de apenas 10 anos de idade comparado a FS. Frequentemente estes organismos são correlacionados com altos teores de umidade e por substratos na forma de matéria orgânica parcialmente decomposta (Niva *et al*., 2010; Martins *et al.*, 2017;). E que devido a sua suscetibilidade a estresses apresenta alta taxa de reprodução (Bignell *et al.*, 2010).

6 CONCLUSÕES

A estrutura da comunidade da macrofauna edáfica foi influenciada pelos Sistemas de Uso do Solo com exceção da densidade. Melhores índices da estrutura da macrofauna edáfica foram encontrados na Floresta Secundária, seguido do plantio de Eucalipto e Pastagem. Os grupos da macrofauna edáfica foram eficientes indicadores biológicos para detectar diferenças de uso e manejo entre as áreas neste estudo, entretanto, as características químicas do solo não se mostraram bons indicadores uma vez que grande parte dos atributos não diferiu entre as áreas e não foram correlacionados com a estrutura da macrofauna.

Nos três SUS os grupos funcionais geófagos/bioturbadores e detritívoros/decompositores foram os predominantes. O atributo densidade total da macrofauna edáfica isoladamente não se mostra o indicador mais adequado para o entendimento das condições e características específicas do solo, uma vez que nos trópicos em áreas degradadas como a Pastagem e Eucalipto a abundância de organismos competitivamente mais aptos é favorecido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF – ano base 2017. www.abraf.com.br. Acessado em 15/05/17.

Adams, M.A.; Attiwill, P.M. 1986. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypt forests South-Easthern Australia. I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. *Plant Soil*, 92:319-339.

Adis, J. (Ed.). 2002. Amazonian Arachnida and Myriapoda: identification keys to all classes, orders, families, some genera, and lists of known terrestrial species. Pensoft Publishers, Sofia. 590 p.

Alfaia, S. S. 2006. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três solos da Amazônia Central. *ActaAmazônica*, 36(2): 135 – 140.

Alfaia, S. S.; Uguen, K.; Rodrigues, M. R. L. 2008. Manejo e Fertilidade dos Solos na Amazônia. In: Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.* Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. p. 117-142.

Alfaia, S.S.; Ribeiro, G.A.; Nobre, A.D.; Luizão, R.C.; Luizão, F.J. 2004. Evaluation of soil fertility in smallholder agroforestry systems and pastures in western Amazônia. *Agriculture Ecossystems & Environment*, 102: 409-414.

Almeida, C. A.; Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Adami, M.; Venturieri, A.; Diniz, C. G.; Dessay, N.; Durieux, L.; Gomes, A. R. 2016. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. In: *Acta Amazônica,* 3(46): 291 – 302.

Amante, E. 1967. Prejuízos causados pela formiga saúva em plantações de Eucalyptus e Pinus no Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*, 6:355-63.

Anderson, J. M. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil process. *Biology and fertility of soils,* 6: 216-227.

Anderson, J. M. 2009. Why should we care about soil fauna?. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 8(44): 835-842.

Anderson, J.M.; Ingram, J.S.I. (Ed.). 1993. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2ª Ed. Wallingford, CAB International. 221p.

André, H.M.; Ducarme, X.; Lebrun, P. 2002. Soil biodiversity: mith, reality or conning? *Oikos*, 96:324.

Aparicio, V.C.; Gerónimo, E.D.; Marino, D.; Primost, J.; Carriquiriborde, P.; Costa, J. L. 2013. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere*, 93:1866–1873.

Araújo, A. S. F.; MONTEIRO R. T. R.; Abarkeli R. B. 2003. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere,* 52,799–804.

Ashwini, K. M.; Sridhar, K. R. 2005. Leaf litter preference and conversion by a saprophagous tropical pill millipede, Arthrosphaera magna Attems. *Pedobiologia*, 49: 307—316.

Assis. O. 2016. *Enquitreídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta) como indicadores do manejo do solo e em ensaios ecotoxicológico.* Dissertação de Mestrado, Universidade tecnológica Federal do Paraná/Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Curitiba, Paraná. 75 p.

Baar, R.; Cordeiro, M.R.; Denich, M. Fölster, H. 2004. Floristic inventory of secondary vegetation in agricultural systems of East-Amazonia. *Biodiversity and Conservation*, 13(3): 501-528.

Bandeira, A. G.; Torres, M. F. P. 1985. Abundância e distribuição de invertebrados do solo em ecossistemas da Amazônia Oriental. O papel ecológico dos cupins. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Zool.*, 2(1): 13-38.

Bandeira, A. G.; Torres, M. F. P. 1988.Considerações sobre densidade, abundância e variedade de invertebrados terrestres em áreas florestais de Carajás, sudeste da Amazônia. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Zool.*, 4(2): 191-199.

Barbosa, C. L. *Dietas e conteúdo alimentar de alguns Carabidae (Coleoptera) observados na região nordeste do Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Jaboticabal, São Paulo. 87pp.

Bardgett, R.D.; Bowman, W.B.; Kaufmann, R.; Schmitd, T.S.K. 2005. A temporal approach to linking aboveground and belowg round ecology. *Trends Ecol. Evol*., 20:634-641.

Baretta, D.; Bartz, M. L. C.; Fachini, I.; Anselmi, R.; Zortéa, T.; Maluche-Baretta, C. R. D. 2014. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil management systems. *R. Ci. Agron*., 45:871-9.

Barlow, J.; Lennox, G. D; Ferreira, J.; Berenguer, E.; Lees, A. C.; Nally, R. C.; Thomson, J. R.; Ferraz, S. F. B.; Louzada, J.; Oliveira, V. H. F.; *et al*. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature,* 535: 144-159.

Barrios, E.; Sheperd, H.; Sinclair, F. 2014.Soil health and agricultural sustainability: The role of soil biota. *Scientific knowledge – Ecological approaches*: 104: 122.

Barros, E.; Mathieu, J.; Tapia-Coral, S.; Nascimento, A. R. L.; Lavelle, P. Diversidade da macrofauna do solo na Amazônia Brasileira. 2008. In: Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros.* Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. p. 171-192.

Bartholomew, W. V.; Meyer, J.; Laudelot, H. 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. *Ser. Sci*., 57, 27 pp.

Beare, M. H.; Parmelee, R. W.; Hendrix, P. F.; Cheng, W.; Coleman, D. C.; Crossley Jr, D. A. 1992. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agroecosystems. *Ecological Monographs,* 62 (4): 569-591.

Beck, L. e Gasparotto, L. 2000. Soil fauna and litter decomposition in primary and secondary forest and a mixed culture system in Amazonia. *Shift Project ENV 052. Final Report* 1996-1999. Karlsruhe, 291 p.

Beiroz, W.; Audino, L.; Queiroz, A.; Rabello, A.; Boratto, I. A.; Silva, Z.; Ribas, C. R. 2014. Structure and composition of edaphic arthropod community and its use as bioindicators of environmental disturbance. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(2): 481-491.

Bignell, D.; Constantino, R.; Csudi, C.; Karyanto, A.; Konaté, S.; Louzada, J. N. C.; Susilo, F. X.; Tondoh, J. E.; Zanetti, R. 2010. Macrofauna. In: Moreira, F. M. S.; Huising, E. J.; Bignell, D. E. (Eds.). *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade*. Universidade Federal de Lavras, p. 121-137.

Bilde, T.; Toft, S. 1998. Quantifying food limitation of arthropod predators in the ®eld. *Oecologia*, 115: 54-58.

Bilde, T.; Toft, S. 1999. Prey consumption and fecundity of the carabid beetle Calathus melanocephalus on diets of three cereal aphids: high consumption of low-quality prey. *Pedobiologia*, 43: 422-429.

Braga, D. L.; Louzada, J. N. C.; Zanetti, R.; Delabie, J. 2010. Avaliação Rápida da Diversidade de Formigas em Sistemas de Uso do Solo no Sul da Bahia. *Neotropical Entomology*, 39(4): 464-469.

Brandão, C. R. F.; Silva, R. R.; Delabie, J. H. C. 2012. Neotropical Ants (Hymenoptera) Functional Groups: Nutritional and Applied Implications. DOI: DOI: 10.1201/b11713-13.

BRASIL. 1974. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. *Levantamento de Recursos Minerais*, Rio de Janeiro. vol. 4.

Brito, J. P.; Oliveira, J. E. M.; Bortoli, S. A. 2006. Toxidade de óleos essenciais de *Eucaliptus* spp. sobre *Callosbruschus maculatus* (Fabr., 1755) (Coleoptera: Bruchidae). *Revista de Biologia e Ciencias da Terra*, 6:96-103.

Brito-Vega, H.; Espinosa-Victoria, D. 2009. Bacterial diversity in the digestive tract of earthworms (Oligochaeta). *J. Biol. Sci*., 9:192-199.

Brown, G. G.; Niva, C. C.; Zagatto, M. R. G.; Ferreira, S. A.; Nadolny, H. S.; Cardoso, G. B. X.; Santos, A.; Martinez, G. A.; Pasini, A. Marie Luise Carolina Bartz, M. L. C.; *et al.* 2015. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. Parron, L. M.; Garcia, J. R.; Oliveira, E. B.; Brown, G. G.; Prado, R. B. (Eds.). *Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Distrito Federal, Brasília. p. 122-154.

Brown, G. G.; Römbke, J.; Hofer, H.; Verhaag, M.; Sautter, K.; Santana, D. L. Q. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. 2006. In: Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F.; Gama-Rodrigues, E. F.; Freitas, M. S.; Viana, A. P.; Jasmin, J. M.; Marciano, C. R.; Carneiro, J. G. A. (Eds.). *Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentado*. Campos dos Goytacazes: UENF. p. 217-242.

Brusca, R.C.; Brusca, G.J. 2007. *Invertebrados*. 2ed. Editora Guanabara Koogan S.A. 968pp.

Brussaard, L., Kuyper Th, W., Didden, W.A.M., de Goede, R.G.M., Bloem, J. 2004. Biological soil quality from biomass to biodiversity - importance and resilience to management stress and disturbance. In: Schjønning, P., Emholt, S., Christensen, B.T.(Eds.). *Managing Soil Quality -Challenges in Modern Agriculture*. CAB International, Wallingford, UK, p. 139–161.

Brussaard, L.; Ruiter, P.C.; Brown, G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121: 233-244.

Buschbacher, R.; Uhl, C.; Serrão, A.E.S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *J. Ecol*., 76: 682–699.

Carim, S.; Schwartz, G.; Da Silva, M.F.F. 2007. Riqueza de espécies, estrutura e composição florística de uma floresta secundária de 40 anos no leste da Amazônia. *Acta Botanica Brasilica*, 21(2): 293-308.

Capowiez, Y.; Samartino, S.; Cadoux, S.; Bouchant, P.; Richard, G.; Boizard, H. 2012. Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems. *Soil Biology & Biochemistry,* 55:93-103.

Carvalho, S. P.; Souza, J. R. S.; Makino, M. 2013. observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(3): 331 – 340.

Chanatásig-Vaca, C. I.; Huerta, E.; Rojas, P.; PonceMendoza, A.; Mendoza, J.; Morón, A.; Van der wal, H.; Dzib-Castillo, B. B. 2011. Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 27: 441-461.
Chu. H. F. Jaqches, H. E. 1946. *How to indentify immature insects*. Iowa Wesleyan College, India. 242 p.

Claessen, M. E. C. (Org.). 1997. *Manual de métodos de análise de solo*. Embrapa- CNPS, 2ªed., Rio de Janeiro, 212 p.

Costa Lima, A. *Insetos do Brasil.* 1953. Escola Nacional de Agronomia, Série didática: 12 Tomos.

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruello, J., Raskin, P.G., Sutton, P., van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–260.

Cranston, P. S.; Gullan, P. J. 2017. *Fundamentos da entomologia*. 5ª ed, Roca, 460 p.
Cravo, M. S.; Smyth, T. J. 1991. Sistemas de cultivo com alto insumo na Amazônia brasileira. In: Smyth, T. J.; Raun, W. R. (Eds.). *Manejo de solos tropicais em latinoamerica.* pp. 144-156.

Cravo, M. S.; Viégas, I. J. M.; Brasil, E. C (Eds.). 2010. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará*. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 262 p.

Cristo, S. C.; Landin, A.; Margalho, L. 2012. Ocorrências de espécies florestais com potencial medicinal na trilha ecológica do parque zoobotânico de Marabá. *Boletim técnico da casa de cultura de Marabá, 6: 73-82.*

Decaëns, T. Macroecological patterns in soil communities. 2010. *Global Ecology and Biogeography*, *19*: 287–302.

Delabie, J.H.C.; H.G. Fowler. 1995. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. *Pedobiologia*, 39: 423-433.

Desjardins, T.; Lavelle, P.; Barros, E.; Brossard, L.; Chapuis-LardY, L.; Chauvel, A.; Grimaldi, M.; Guimarães, F.; Martins, P.; Mitja, D.; Müller, M. *et al.* 2000. Dégradation des pâturages amazoniens: Description d'un syndrome et de ses déterminants. 353-378. *Étude et Gestion des Sols*, 7(4): 353-378.

Desjardins, T.; Lavelle, P.; Barros, E.; Brossard, L.; Chapuis-LardY, L.; Chauvel, A.; Grimaldi, M.; Guimarães, F.; Martins, P.; Mitja, D.; Müller, M. *et al.* 2000. Dégradation des pâturages amazoniens: Description d'un syndrome et de ses déterminants. 353-378. *Étude et Gestion des Sols*, 7(4): 353-378.

Desjardins, T.; Sarrazin, A.; Girardin, C.; Mariotti, A. 2004. Effects of forest conversion to pasture on soil carbono content and dynamics in Brazilian Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 365–373.

Di Castri, F.; Younes, T. 1990. Ecosystem function and biological diversity. *Biology International,* Special Issue (22). International Union for Biological Sciences, Paris, France.

Didden W.; Römbke, J. Enchytraeids as Indicator Organisms for Chemical Stress in Terrestrial Ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 50: 25-43.

Dionísio, J. A.; Pimentel, I. C.; Signor, D.; Paula, A. M.; Maceda, A.; Mattana, A. L. 2016. *Guia prático de biologia do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Paraná, 160p.

Doran, J. W.; Parkin, T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Celeman, D.C.; Bezdicek, D. F. E.; Stewart, B. A. (Eds.). *Defining soil quality for sustainable environment*. Soil Science Society of America, p.3-21.

Duarte, J. A. P.; Ferreira, G. C.; Ruschel, A. R.; Mafra, N. A. 2018. Composição e estrutura florística de florestas degradadas e secundárias da mesorregião Sudeste Paraense, PA, Brasil. *Biota Amazônica*, 8(2): 32-43.

Ferrenberg, S.; Martinez, A. S.; Faist, A. M. Aboveground and belowground arthropods experience different relative influences of stochastic versus deterministic community assembly processes following disturbance. *PeerJ*, 4:e2545. DOI: 10.7717/peerj.2545.

Ferreira, R.L.; Marques, M.M.G.S.M. 1998. A fauna de artrópodes de serapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus* sp. e mata secundária heterogênea. *Anais Sociedade Entomológica Brasil*, 27(3): 395-403.

Fiuza, S. S.; Kusdra, J. F.; Furtado, D. T. 2011. Caracterização química e atividade microbiana de coprólitos de Chibui bari (Oligochaeta) e do solo adjacente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3(35): 723-728.

Fowler, H. G., L. C. Forti, C. R. F. Brandão, J. H. C. Delabie, and H. L. Vasconcelos. 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi. A. R.; Parra, J. R. P. *Ecologia nutricional de insetos*, pp.131–223.

Franco, André L.C.; Bartz, M. L.C.; Cherubin, M. R.; Baretta, D., Cerri, C. E.P.; Feigl, B. J.; Wall, D. H.; Davies, C. A.; Cerri, C. C. 2016. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment*, 563–564: 160–168.

Franklin, E.; Aguiar, N. O.; Soares, E. D. L. Invertebrados do solo. 2008. In: Oliveira, M. L.; Baccaro, F. B.; Bragoa-Neto, R.; Magnusson, W. E. (Eds.). *Reserva Ducke: a biodiversidade amazônica através de uma grade*. Áttema Design, Manaus, p. 109-122.

Frouz, J.; Jilková, V. 2008. The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 11: 191-199.

Frouz, J.; Roubíckova, A.; Hedenec, P.; Tajovský, K. 2015. Do soil fauna really hasten litter decomposition? A meta-analysis of enclosure studies. *European Journal of Soil Biology*, 1-7.

Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará. 2015. *Boletim Agropecuário do Estado do Pará*, Belém, Pará. 38p.

Gonzaléz, G.; Ley, R. E.; Schmidt, S. K.; Zou, X.; Seastedt, T. R. 2001. Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forest. *Oecologia*, 128: 549-556.

González, G.; Murphy, C. M.; Belén, J. 2012. Direct and Indirect Effects of Millipedes on the Decay of Litter of Varying Lignin Content.

Gutiérrez, J. A.; Rousseau, G. X.; Andrade-Silva, J.; Delabie, J. H. C. 2017. Taxones superiores de hormigas como sustitutos de la riqueza de especies, en una cronosecuencia de bosques secundarios, bosque primário y sistemas agroforestales en la Amazonía Oriental, Brasil. *Rev. Biol. Trop.*, 65 (1): 279-291.

Hammer, O.; Haper, D. A. T.; Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statitics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia eletrônica*, 4(1).

Harada, A. Y.; Farias, P. R. S.; Lopes, L. F. C.; Silva, A. G.; Brandão, A. D. S. 2013. Assessment of ant communities in secondary forest in the eastern Amazon. *Comunicata Scientiae*, 4(2): 186-194.

Hättenschwiler, S.; Tiunov, A. V.; Scheu, A. S. 2005. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36: 191–218.
Hill, M. O. 1973.Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2): 427-432.

Hofer, H.; Hanagarth, W.; Garcia, M.; Martius, C.; Franklin, E.; Rombke, J.; Beck, L. Structure and function of soil communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal of Biology*, 37: 229:235.

Homma, A. K. O. 2005. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição?. *Estudos Avançados*, 19(54): 115-135.

Homma, A. K.; carvalho, R. A.; Sampaio, S. M. N.; Silva, B. N. R.; Silva, L. G. T.; Oliveira, M. C. C. 2001. A instabilidade dos projetos de assentamentos como indutora de desmatamento no sudeste paraense. In: Encontro nacional da sociedade brasileira de economia ecológica, 4, Belém, PA. *Anais*... Belém, PA: ECOECO.

INPE, 2018. Observação da Terra. (http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-estima-7-900-km2-de-desmatamento-por-corte-raso-na-amazonia-em-2018). Acesso em: 06/03/2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil. Mapas Temáticos. 2017. (http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html). 12/10/2017.

Jones, C. G.; Lawton, J. H.; Shachak, M. 1994. Organisms as Ecosystem Engineers. *Oikos,* 69(3): 373-386.

Jorgensen, L. B.; Toft, Soren. 1997. Food preference, diet dependent fecundity and larval development in Harpalus rufipes (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 41:307-315.
Kevan, D. K. McE. 1968. *Soil animals*. Gateshead on Tyne. Northumberland Press, UK.

Kindt, R.; Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi. ISBN 92-9059-179-X.

Lavelle, P. 1997. Faunal activities soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research*, (27): 93-132.

Lavelle, P.; Bignell, D.; Lepage, M.; Wolters, V.; Roger, P.; Ineson, P.; Heal, O. W.; Dhillion, S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33: 159-193.

Lavelle, P.; Dangerfield, M.; Fragoso, C.; Eschenbrenner, V.; López-Hernández, D.; Pashanasi, B.; Brussaard, L. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Woomer, P. L.; Swift, M. J. (Eds.). *The biological management of tropical soil fertility.* Chichester: John Wiley and Sons, p. 137-169.

Lavelle, P.; Decaëns, T.; Aubert, M.; Barot, S.; Blouin, M.; Bureau, F.; Margerie, P.; Mora, P.; Rossi, J-P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42: S3–S15.

Lavelle, P.; Rodríguez, N.; Arguello, O.; Bernal, J.; Botero, C.; Chaparro, P.; Gómez, Y.; Gutiérrez, A.; Hurtado, M. P.; Loaiza, S.; Pullido, S. X.; Rodríguez, E.; Sanabria, C.; Velásquez, E.; Lavelle, P.; Spain, A. V. 2001. *Soil ecology*. Kluwe Academic Pub, Dordrecht. 654p.

Lee, K. E.; Pankhurst, C. E. 1992. Soil organisms and sustainable productivity. *Australian journal of soil research*, 30: 855-892.

Legendre, P. 2002. *Nested Anova user's guide*. Département de sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal. [On line] http://www.fas.umontreal.ca/biol/legendre/.

Lewandowski, A.; Zumwinkle, M.; Fish, A. 1999. Assessing the soil system: a Review of soil quality literature, Minnesota Department of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture, St. Paul, MN. 71pp.

Lim, E.; Lee, B.H.; Park, C.G. 2012. Fumigant activity of essential oils and their components from *Eucalyptus codonocarpa* and *E. dives* against Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae) at three temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 136: 698-703.

Louzada, J. N. C.; Zanetti, R. 2013. Bioindicadores de impactos ambientais. In: Moreira. F. M. S.; Cares, J. E.; Zanetti, R.; Stürmer, S. L. (Eds.). *O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*. Lavras: Editora da UFLA, p. 79- 128.

Louzada, J.N.C.; Schoereder, J.H.; Marco, J. R. P. 1997.Litter decomposition in semidecidous forest and Eucalyptus spp. Crop: A comparison in Southern Brazil. *For. Ecol. Manag*., 94:31-36.

Magurran, A.E. 2011. *Medidndo a diversidade ecológica*. Curitica, UFPR. 179 p.

Majer, J. D.; Nichols, O. G. 1998. Long-term recolonization patterns of ants in Westerm Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success. Journal of Applied Ecology 35: 161-182.

Mangan, S.; Schnitzer, S. A.; Herre, E. A.; Mack, K. M. L.; Valencia, M. Sanchez, E. I.; D. Bever, J. 2010. Negative plant–soil feedback predicts tree-species relative abundance in a tropical forest. *Nature*, 466: 752-755.

Marichal, R.; Grimaldi, M.; Feijoo M, A.; Oswald, J.; Praxedes, C.; Cobo, D. H. R.; Hurtado, M. P.; Desjardins, T.; Silva Júnior, M. L.; Costa, L. G. S.; *et al.* 2014. Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia. *Applied Soil Ecology*. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.006.

Marichal, R.; Praxedes, C.; Decaens, T.; Grimaldi, M.; Oswald, J.; Brown, G. G.; Desjardins, T.; Grimaldi, M.; Martinez, A. F.; Oliveira, M. N. D.; Velasquez, E.; Lavelle, P. 2017. Earthworm functional traits, landscape degradation and ecosystem services in the Brazilian Amazon deforestation arc. *European Journal of Soil Biology,* 83: 43-51.

Martins, L. F.; Pereira, J. M.; Tonelli, M.; Baretta, D. 2017. Composição da macrofauna do solo sob diferentes usos da terra (cana-de-açúcar, eucalipto e mata nativa) em Jacutinga (MG). *Revista Agrogeoambiental*, 9(1):7-22.

Martius, C.; Hoffer, H.; Garcia, V. M. B.; Rombke, J.; Forster, B.; Hanargat, W. 2004. Microclimaty in agroforest system. Does canopy closure matter to soil organisms? *Agroforest System*, 60: 291-304.

Mathieu, J. 2004. Étude de la macrofaun du sol dans une zone de déforestation en Amazonie du sud-est, dans le context de l'agriculture familiale. Tese de Doutorado, Universidade de Paris VI, Paris, France. 238 p.

Mathieu, J., Rossi, J.-P., Grimaldi, M., Mora, P., Lavelle, P., & Rouland, C. (2004). *A multi-scale study of soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. Biology and Fertility of Soils, 40(5), 300–305.*

Mathieu, J.; Rossi, J.P.; Mora, P.; Lavelle, P.; Da S. Martins, P.F.; Rouland, C.; et al. 2005. Recovery of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. *Conservation Biology*, 19: 1598-1605.

Menta, C. 2012.Soil Fauna Diversity – Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration. In: Lameed, A. (Ed.). *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World*. p. 159-193.

Menta, C.; Conti, F. D.; Pinto, A.; Leoni, A.; Lozano-Fondón, C. 2013. Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. *Applied Soil Ecology*. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.013.

Merlim, A. de O.; Guerra, J.G.M.; Junqueira, R.M.; Aquino, A.M. 2005. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Scientia Agricola*,62: 57-61.

Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystem and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 145pp.

Ministério do Desenvolvimento Agrário – MMA. 2010. *Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável No Sudeste Paraense.* 150 p.

Miranda, P. N.; Oliveira, M. A.; Baccaro, F. B.; Morato, E. F.; Delabie, J. H. C. 2012. Check list of grounddwelling ants (Hymenoptera: Formicidae) of the eastern Acre, Amazon, Brazil. *CheckList*, 8: 722-730.

Moises C. M. O. Jr. 2017. *Modelização espacial de territorialidades no estado do Pará : entre a Amazônia dos rios e das estradas*. Tese de Doutorado, Universidade Sorbonne Nouvelle – Paris. 343pp.

Moreira, F. M. S.; Cares, J. E.; Zanetti, R.; Sturmer, S. (Eds.). 2013. *O ecossistema solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal.* Lavra, Ed. UFLA, 352p.

Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Editora UFLA, 768p.

Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L.; Pereira, H. S. 2008. Organismos do solo em ecossistemas tropicais: um papel chave para o Brasil na demanda global pela conservação e uso sustentado da biodiversidade. In: Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Ed.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Universidade Federal de Lavras, p. 13-42.

Moutinho, P. R. S. 1998. Impactos da formação de pastagens sobre a fauna de formigas: consequências para a recuperação florestal da Amazônia Oriental. In: Gascon, C.; Moutinho, P. *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. Manaus, p. 155-170.

Müller, M. M. L.; Guimarães, M. F.; Desjardins, T.; Mitja, D. 2004. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 279–288.

Neto, F.V.D., Correia, M.E.F., Pereira, G.H.A., Pereira, M.G., Leles, P.S.D., 2012. Soil Fauna as an indicator of soil quality in Forest stands, pasture and secondary Forest. *Rev. Bras. Cienc. Solo,* 36: 1407–1417.

Neto, T. A. C.; Pereira, M. G.; Correa, M. E. F.; Anjos, L. H. C. 2001. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. *Floresta e ambiente*, 8: 70-75.

Niva, C. C.; Brown, G. G.; Schmelz, R. 2010. Enquitreídeos (Enchytraeidae, Oligochaeta, Annelida). In: Moreira, F. M. A.; Huising, E. J.; Bignell, D. E. (Eds.). Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: UFLA. 367 p.

Oliveira, E. P.; Franklin, E. 1993. Efeito do fogo sobre a mesofauna do solo. Recomendações em áreas queimadas. *Pesquisa Agropecuária brasileira,* 28(3): 357-369.

Pedroso Júnior, N. N.; Murrieta, R. S. S.; Adams, C. 2008. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi*. *Ciências Humanas*, 2(3): 153-174.

Perfecto, L.; Vandermeer, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agrocossystem. *Oecologia*, 108: 77-82.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Rafael, J. A. Melo, G. A. R.; Carvalho, C. J. B.; Casari, S. A. Constantino, R. (Eds.). 2012. Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora. 810 p.

Raiol, J. A. (coord.). 1996. Perspectivas para o meio ambiente urbano: GEO Marabá. Pará, Belém: [s.n.]. 136 p.

Reimche, G. B. *Herbicidas dessecantes na fauna edáfica e genotoxidade*. 2014. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 100pp.

Ribeiro, R. J.; Higuchi, N.; Santos, J.; Azevedo, C. P. 1999. Estudo Fitossociológico nas Regiões de Carajás e Marabá - Pará, Brasil. *Acta Amazônica,* 29(2): 207-222.

Ricklefs, R. E. 1996. *A economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica*. 3º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 470 pp.

Righi, G. 1997. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do solo

Rodrigues, D. M.; Ferreira, L. O.; Silva, N. R.; Guimarães, E. S.; Martins, I. C. F.; Oliveira, F. A. 2016. Diversidade de artrópodes da fauna edáfica em agroecossistemas de estabelecimento agrícola familiar na Amazônia. *Revista Ciências Agrarias*, 1(9): 32-38.

Roh, H.S.; Lee, B.H; Park, C.G. 2013. Acaricidal and repellent effects of myrtacean essential oils and their major constituents against *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Journal of Asia-Pacifc Entomology*, 16: 245-249.

Römbke, J.; Collado, R.; Schmelz, RM. 2007. Abundance, distribution and indicator potential of enchytraeid genera (Enchytraeidae, Clitellata) in secondary forests and pastures of the Mata Atlântica. *Acta Hydrobioica Sinica*, 3:139-150.

Rousseau, G. X.; Silva, P. R. S.; Carvalho, C. J. R. 2010. Earthworms, ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from Eastern Brazilian Amazonia. *Acta Zoológica Mexicana*, 2:117-134.

Rousseau, G. X.; Silva, P. R. S.; Celentano, D.; Carvalho, C. J. R. 2014. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental.*Acta Amazônica,* 44(4): 499 – 512.

Salomão, R. P.; Vieira, I. C. M.; Brienza Junior, S.; Amaral, D. D.; Santana, A. C. 2012. Sistema Capoeira Classe: uma proposta de sistema de classificação de estágios sucessionais de florestas secundárias para o estado do Pará. *Cienc. Nat*., 3(7): 297-317.

Salomão, R.P.; Nepstad, D.C.; Vieira, I.C. 1998. Biomassa e estoque de florestas tropicais primária e secundária. In: Gascon, C.; Moutinho, P. (Eds.). *Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo*. pp.99–119.

Sanchèz-Bayo, F.; Wyckhuys, K. A. G. 2019. Worldwide decline of entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232: 8-27.

Scarazatti, B. 2009. *Sistema Agroflorestal como alternativa de uso da terra: um estudo de caso na Unidade Demonstrativa de Permacultura (UDP) de Manaus-A.* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas, 148p.

Schaefer, M.; Schauermann, J. 1990. The soil fauna of beech forests: Comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiologia*, 34:299–314.

Silva, F. C. 2009. *Manual de Analises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. Embrapa Solos. 2da ed. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia. 627 p.

Silva, L. P.; Costa, C. C. S.; Souza, E. S.; Teixeira, R. A.; Fernandes, A. R. Teores totais e disponíveis de cálcio e magnésio no Estado do Pará. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo – O solo e suas múltiplas funções. Natal-RN

Silva, R. F.; Saidelles, F. L. F.; Vasconcellos, N. J. S.; Webber, D. P.; Manassero, D. 2011. Impacto do fogo na comunidade da fauna edáfica em florestas de *Eucaliptus grandis* e *Pinus taeda*. R. Bras. Agrociência, 17(2): 234-241.

Smyth, T.J. 1996. Manejo da Fertilidade do solo para produção sustentada de cultivos na Amazônia. In: Alvarez V., V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. (Eds). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 930pp.

Skorupa, A.L.A. 2001. Acumulação e decomposição de serapilheira em povoamento de eucalipto, na Região do Baixo do Rio Doce-MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 64pp.

Souza, L. P.; Zago, H. B.; Pinheiro, P. F.; Valbon,, W. R.; Zuim, V.; Pratissoli, D. 2016. Chemical composition and toxicity of eucalyptus essential oil on spotted spider mite. *Comunicata Scientiae*, 7(4):486-493.

Spiotta, E. M.; Silver, W. L.; Swanston, C. W.; Ostertag, R. 2009. Soil organic matter dynamics during 80 years of reforestation of tropical pastures. *Global change* biology, 15(6): 1584-1597.

Stork, N. E.; Eggleton, P. 1992. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. *American Journal of Alternative Agriculture*, Greenbelt, 1-2(7): 38-47.

Stürmer, S.L.; siqueira, J.O. Diversidade de fungos micorrizicos arbusculares em ecossistemas brasileiro. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussard, L. (Eds.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. 537-584pp.

Swift, M. J.; Bignell, D.; Moreira, F. M. de S.; Huising, J. 2010. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: Moreira, F. M S.; Huising, E. J.; Bignell, D. E (Eds.). *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade.* Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41.

Swift, M. J.; Heal, O. W.; Anderson, J. M. 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Berkeley: University of California Press, 372 p.

Toni, L. R. M.; Santana, H.; Zaia, D. A. M. 2006. Adsorção de glyphosate sobre solos e minerais. *Química Nova*, 29(4):829-833.

Trelo, F.; Brown, G. G; Constantino, R.; Louzada, J. N. C.; Luizão, F. J.; Morais, J. W. Zanetti, R. 2009. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim informativo da SBCS:* 38-42.

Uhl, C.; Jordan, C. F. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology,* 5(65): 1476-1490.

Vasconcelos, H. L. 2008. Formigas do solo nas florestas da Amazônia: padrões de diversidade e respostas aos distúrbios naturais e antrópicos. In: Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.). *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Editora UFLA, 768p.

Velásquez, E.; Fonte, S. J.; Barot, S.; Grimaldi, M.; Desjardins, T.; Lavelle, P. 2012. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. *Applied Soil Ecology,* 56: 43– 50.

Vergara-Navarrro E. V.; Serna, F. 2013. A checklist of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of the department of Antioquia, Colombia, and new records for the country. *Agronomía Colombiana*, 31: 324-342.

Vieira, I. C. G.; Proctor, J. 2007. Mechanisms of plant regeneration during succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. *Plant Ecology* 192(2):303-315.

Vieira, M.; Valdir, M.; Schumacher, E. F. 2014. Disponibilização de Nutrientes via Decomposição da Serapilheira Foliar em um Plantio de Eucalyptus urophylla × Eucalyptus globulus. *Floresta e Ambiente*, 21(3):307-315.

Villani, M. G.; Wright, R. J. 1990. Environmental Influences On Soil Macroarthropod Behavior In Agricultural Systems. *Annu. Rev. Entomol*. 35:249-269.

Vos, J. B.; Feenstra, J. F.; De Boer, J.; Braat, L. C.; Van Baalen. 1985. *Indicators for the state of enviroment*. Institute for enviromental studies, Amsterdam. 425 p.

Wardle, D. A. 2002. Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components. *Monographs in population biology*, (34): 392.

Wood, S.N. (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)*, 73(1):3-36.

Zicsi, A.; Rombke, J.; Garcia, M. 2001. Regenwurner (Oligochaeta) aus der Umgbung Von Manaus (Amazonien). *Verhandlugen Suisse Zoologie*, 108: 1-12.

Zuur, A.; Ieno, E.N.; Walker, N.; Saveliev, A.A.; Smith, G.M. 2009. Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.

8 APÊNDICES

Apêndice A: Efeito dos Sistemas de Uso do Solo na densidade (ind.m^2) e diversidade dos invertebrados edáficos em Marabá – Pará, Brasil. Valores médios± erro padrão. n =16.

Táxon	Grupo funcional	FS	Pas.	Euc.	Média	%
Nematoda[1]						
Nematoda[b]	Outros	3,91±0,07	1,38±0,04	3,05±0,13	2,79	0,23
Polyochaeta	Outros	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Annelida[1]						
Microdrilos	Detrit./decomp.	150,4±1,5 a	13,61±0,48 c	369,44±16 b	177,84	14,6
Megadrilos	Geóf/biotur.	3,31±0,07	0±0	8,05±0,28	3,79	0,31
Pogonophora	Outros	0,29±0,02	0±0	0±0	0,10	0,01
Arthropoda[1]						
Arachnida[2]						
Araneae[3]						
Dipluridae	Preda./paras.	1,36±0,03	0±0	0±0	0,45	0,04
Anapidae	Preda./paras.	1,06±0,02	0±0	0,83±0,03	0,63	0,05
Ooponidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0,55±0,03	0,54	0,04
Orsolobidae	Preda./paras.	0±0	0±0	0,27±0,02	0,09	0,01
Symphytognathidae	Preda./paras.	5,65±0,07	0±0	0±0	1,88	0,15
Zodariidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Caponiidae	Preda./paras.	0,29±0,02	0±0	0±0	0,10	0,01
Solífugae[3]						
Eremobatidae	Preda./paras.	4,27±0,04	0±0	0±0	1,42	0,12
Opiliones[3]						
Agaristenidae	Preda./paras.	4,13±0,05	0±0	5,38±0,13	3,32	0,27
Cranaidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Stygnommatidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Palpigradi[3]						
Palpigradi	Preda./paras.	4,27±0,06	0±0	0±0	1,42	0,12
Ixodida[3]						
Argasididae	Preda./paras.	0±0	0,27±0,02	0,27±0,02	0,19	0,02
Ixodidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0,55±0,03	0,27±0,02	0,63	0,05
Opilioacariformes[3]						
Oplioacaridae	Outros	1,07±0,02	0±0	0,83±0,05	0,63	0,05
Trombidiformes[c,3]	Outros	5,49±0,06	0,27±0,02	1,11±0,05	2,29	0,19
Oribatei[c,3]	Outros	86,33±0,73 a	0,55±0,27c	8,61±0,39b	33,22	2,72
Pseudoscorpiones[3]						
Chthoniidae	Preda./paras.	1,70±0,06	0±0	0,55±0,03	0,75	0,06
Lechytiidae	Preda./paras.	2,13±0,03	0±0	0±0	0,71	0,06
Olpiidae	Preda./paras.	0,31±0,02	0±0	0,27±0,02	0,20	0,02
Syarinidae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Withiidae	Preda./paras.	0,31±0,02	0±0	0±0	0,11	0,01
Malacostraca[2]						
Isopoda [3]						

Oniscidae	Detrit./decomp.	18,76±0,13 a	0,27±0c	0,55±0,04b	6,53	0,54
Symphyla[2]						
Symphyla[3]						
Scutigerellidae	Detrit./decomp.	3,2±0,04	0±0	0,27±0,02	1,16	0,09
Chilopoda[2]						
Geophilomorpha[3]						
Ballophilidae	Detrit./decomp.	1,07±0,02	0,27±0,02	0,83±0,03	0,73	0,06
Geophilidae	Detrit./decomp.	1,07±0,02	0±0	0,27±0,02	0,45	0,04
Macronicophilidae	Detrit./decomp.	4,72±0,10	0±0	1,38±0,07	2,04	0,17
Mecistocephalidae	Detrit./decomp.	0,29±0,02	0±0	0±0	0,10	0,01
Orydae	Detrit./decomp.	0,31±0,02	0±0	0±0	0,11	0,01
Scolopendromorpha[3]						
Scolonpendridae	Detrit./decomp.	1,07±0,02	0±0	0,27±0,02	0,45	0,04
Diplopoda						
Polyxenida[3]						
Hypogexenidae	Detrit./decomp.	7,47±0,18	0±0	0±0	2,49	0,20
Siphoniulida[3]						
Siphoniulidae	Detrit./decomp.	1,36±0,03	0±0	6,49±0,35	2,77	0,23
Siphonophorida[3]						
Siphonophoridae	Detrit./decomp.	2,42±0,05	0±0	2,22±0,89	1,55	0,13
Spirostreptida[3]						
Stemmiulidae	Detrit./decomp.	0,59±0,03	0±0	0,27±0,02	0,29	0,02
Paradoxomatidae	Detrit./decomp.	1,07±0,02	0,55±0,04	0±0	0,54	0,04
Pyrgodesmidae	Detrit./decomp.	17,22±0,14 a	0,27±0,02 c	5±0,25 b	7,50	0,61
Pseudonannolenidae	Detrit./decomp.	3,02±0,06	0±0	1,66±0,11	1,56	0,13
Julida[3]						
Blaniulidae	Detrit./decomp.	0,29±0,02	0±0	0±0	0,10	0,01
Pargulidae	Detrit./decomp.	2,13±0,03	0±0	0±0	0,71	0,06
Collembola[2]						
Poduromorpha[3]						
Hypogastruridae[c]	Detrit./decomp.	2,13±0,04	0,55±0,03	0±0	0,90	0,07
Entomobryomorpha[3]						
Entomobryidae[c]	Detrit./decomp.	8,53±0,10	1,1±0,05	2,77±0,06	4,14	0,34
Paronellidae[c]	Detrit./decomp.	0±0	0,55±0,04	0,83±0,03	0,46	0,04
Poduridae[c]	Detrit./decomp.	0±0	0±0	0,27±0,02	0,09	0,01
Diplura[2]						
Diplura[3]						
Japygidae[c]	Preda./paras.	4,56±0,10	0±0	3,61±0,09	2,73	0,22
Insecta[2]						
Archaeognata[3]						
Meinertellidae	Fitóf./herb.	0±0	0±0	0,27±0,02	0,09	0,01
Orthoptera[3]						
Gryllidae	Fitóf./herb.	0±0	0,27±0,02	0±0	0,09	0,01
Imat.Orthop.	Fitóf./herb.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Dermaptera[3]						

Labiduridae	Outros	1,65±0,03	0,27±0	0±0	0,65	0,05
Zoraptera[3]						
Zorapytidae	Outros	0±0	0±0	0,27±0,02	0,09	0,01
Mantodea[3]						
Mantoididae	Preda./paras.	1,07±0,02	0±0	0±0	0,36	0,03
Blattodea[3]						
Corydiidae	Detrit./decomp.	3,2±0,03	0±0	0±0	1,07	0,09
Termitidae	Geóf/biotur.	21,33±0,34 a	0±0	1,38±0,11b	7,57	0,62
Imat.Blatt.	Fitóf./herb.	0±0	0±0	0,55±0,04	0,19	0,02
Hemiptera[3]						
Cicadidae	Fitóf./herb.	1,07±0,02	0±0	0,27±0,02	0,45	0,04
Derbidae	Fitóf./herb.	3,2±0,06	0±0	0,83±0,05	0,00	0,00
Delphacidae	Fitóf./herb.	3,2±0,06	0±0	0,83±0,05	1,34	0,11
Hebridae	Fitóf./herb.	2,13±0,04	0±0	0,27±0,02	0,80	0,07
Miridae	Fitóf./herb.	0±0	0±0	0,55±0,03	0,19	0,02
Reduviidae	Preda./paras.	0,29±0,02	0±0	0,27±0,02	0,19	0,02
Aradidae	Fitóf./herb.	0,29±0,02	0,27±0,02	0±0	0,19	0,02
Cydnidae	Fitóf./herb.	0,29±0,02	0±0	0,27±0,02	0,19	0,02
Pentatomidae	Preda./paras.	0±0	0±0	0,27±0,02	0,09	0,01
Lygaeidae	Preda./paras.	3,2±0,03	0±0	0±0	1,07	0,09
Phlaeothripidae	Fitóf./herb.	2,76±0,05	0,55±0,03	3,88±0,3	2,40	0,20
Thripidae	Fitóf./herb.	0,93±0,03	0±0	1,38±0,05	0,77	0,06
Psocoptera[3]						
Psocidae	Outros	0,59±0,03	0±0	0±0	0,20	0,02
Lepdoptera[3]						
Imat.Lep.	Outros	1,95±0,05	1,38±0,06	0,83±0,03	1,39	0,11
Coleoptera[3]						
Micromalthidae	Detrit./decomp.	0,29±0,02	0,55±0,03	1,94±0,09	0,93	0,08
Torrindincolidae	Fitóf./herb.	0±0	0,55±0,04	0±0	0,19	0,02
Noteridae	Preda./paras.	0±0	0,27±0,02	0±0	0,09	0,01
Dystiscidae	Preda./paras.	1,97±0,05	0,55±0,03	0±0	0,84	0,07
Carabidae	Preda./paras.	29,62±0,38 a	1,38±0,07 b	2,5±0,5b	11,17	0,91
Hydraenidae	Fitóf./herb.	0,59±0,04	0±0	0±0	0,20	0,02
Ptiliidae	Preda./paras.	0,63±0,04	1,38±0,05	1,94±0,08	1,32	0,11
Leiodidae	Detrit./decomp.	0±0	0,27±0,02	0±0	0,09	0,01
Staphylinidae	Preda./paras.	32,99±0,27 a	0,83±0,05 c	16,1±0,38b	16,64	1,36
Silphidae	Detrit./decomp.	1,07±0,03	0,55±0,04	0±0	0,54	0,04
Bostrichidae	Detrit./decomp.	0±0	0,27±0,02	0,27±0,02	0,19	0,02
Nitidulidae	Detrit./decomp.	1,65±0,03	0,27±0,02	0,27±0,02	0,74	0,06
Tenebrionidae	Detrit./decomp.	0±0	0,27±0,02	0±0	0,09	0,01
Salpingidae	Preda./paras.	0±0	0,27±0,02	0±0	0,09	0,01
Brentidae	Fitóf./herb.	0±0	0,55±0,04	0±0	0,19	0,02
Curculionidae	Fitóf./herb.	0,59±0,03	0±0	0,27±0,02	0,29	0,02
Lucanidae	Detrit./decomp.	0,31±0,02	0±0	0±0	0,11	0,01
Passalidae	Detrit./decomp.	0,29±0,02	1,11±0,04	0,27±0,02	0,56	0,05

Scarabaeidae	Detrit./decomp.	0,61±0,03	0,27±0,02	0,27±0,02	0,39	0,03
Psephenidae	Preda./paras.	0±0	0,27±0	0±0	0,09	0,01
Throscidae	Preda./paras.	0,29±0,03	0,27±0,03	0±0	0,19	0,02
Imat.Colep.	Fitóf./herb.	28,9±0,21 a	2,77±0,11 c	7,22±0,31 b	12,97	1,06
Hymenoptera[3]						
Siricidae	Preda./paras.	0±0	0,27±0,02	0,27±0,02	0,19	0,02
Aulacidae	Preda./paras.	7,46±0,15	0,83±0,06	0,55±0,03	2,95	0,24
Dryinidae	Preda./paras.	0,29±0,02	0±0	0,27±0,02	0,19	0,02
Myrmicinae	Geóf/biotur.	410,68±4,68 c	1139,16±45 b	965,8±37,3 a	838,56	68,7
Ponerinae	Geóf/biotur.	38,48±0,60 a	0,27±0,02 c	1,66±0,45 b	15,79	1,29
Formicinae	Geóf/biotur.	4,02±0,61 b	0±0	10,27±0,18 a	4,86	0,40
Amblyoponinae	Geóf/biotur.	13,68±0,03	0±0	3,61±0	5,77	0,47
Paraponerinae	Geóf/biotur.	0±0	0±0	0,27±0,02	0,00	0,00
Scelionidae	Preda./paras.	0,0±0,00	0±0	0,55±0,03	0,09	0,01
Fitigidae	Preda./paras.	0,29±0,02	0±0	0,27±0,02	0,28	0,02
Mymarommatidae	Preda./paras.	2,42±0,03	0,27±0,02	0,27±0,05	0,90	0,07
Vespidae	Preda./paras.	0,21±0,02	0±0	0±0	0,37	0,03
Diptera[3]						
Culicidae	Outros	1,36±0,03	0±0	0,55±0,03	0,45	0,04
Aasteiidae	Outros	2,13±0,03	0,0±0,00	0,55±0,23	0,90	0,07
Imat.Dip	Detrit./decomp.	9,48±0,11 a	0,55±0,02 b	5,83±0,16 a	4,83	0,40
Tricoptera[3]						
Imat.Tricop	Outros	2,96±0,02	0±0	0±0	3,12	0,26
Neuroptera[3]						
Ascalaphidae	Outros	1,36±0,02	0±0	0±0	0,45	0,04
Thysanura[3]						
Imat.Thys.	Fitóf./herb.	4,27±0,05	0±0	0±0	1,42	0,12
Ephemoptera[3]						
Leptophlebiidae	Outros	0±0	0±0	0,27±0,02	0,00	0,00
	Total	1009±94 a	1190±122 a	1464±125 a	1598±142	
	S	87±4,45 a	43±2,22 b	66±4,72 ab	94	
	H’	1,86±0,30 a	0,13±0,10 c	0,51±0,37 b	3,34	
	J	0,44±0,10 a	0,03±0,02 c	0,12±0,1 b	0,74	
	Detrit./decomp.	281±12 b	21±135 c	410±3 a		
	Fitóf./herb.	40±2 a	5±3 c	15±1b		
	Geóf/biotur.	470±46 b	1146±310 a	989±372 a		
	Preda./paras.	93±3 a	6±3 c	23±1 b		

FS, Floresta Secundária; Pas., Pastagem; Euc., Plantio de Eucalipto.
Imat., Imaturo; Orthop.,Orthoptera; Blatt., Blattodea; Hemip., Hemiptera; Lep., Lepdoptera; Dip., Diptera; Tricop., Tricoptera; Thys., Thysanura; Detrit./decomp., detritívoros/decompositores; Preda./paras., Predadores/parasitas; Fitóf./herb., Fitófagos/herbívoros; Geóf/biotur., Geófagos/bioturbadores; [b]Microfauna, [c]Mesofauna.
ab: Médias seguidas das mesmas letras nas linhas indicam ausência de diferença significativa (p>0,05);[1] Filo; [2] Classe; [3]Ordem

Apêndice B: Comunidades da macrofauna edáfica em Sistemas de Uso da Terra na Amazônia Oriental.

SUT	Obs.	Grupos dominantes	Abun.	S	Local	Referência
Floresta Primária		Formigas, térmitas	1067	76	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Plantio de arroz	1 ano	Formigas, térmitas	293	30	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Pasto (*B. brizatha*)[1]	1 ano	Formigas, aranhas	530	27	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Pasto (*B. brizantha*)	5 anos	Formigas, térmitas	335	47	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Pasto (Tanzania)[2]	2 anos	Térmitas, minhocas	165	28	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Capoeira	2 anos	Formigas, minhocas	750	64	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Capoeira	7 anos	Formigas, térmitas	859	66	Itupiranga/Pará	Mathieu 2004
Floresta Primária		Térmitas, formigas	17.246	63	Marabá/Pará	Desjardins *et al.* 2004
Floresta Primária		Acari, Collembola, Formicidae	30813	-	Itupiranga/Pará	Bandeira e Torres 1985
Pasto (*B. humidícola*)	10 anos	Acari, Homoptera, Collembola	30345	-	Itupiranga e Santa Izabel /Pará	Bandeira e Torres 1985
Floresta Secundária	40 anos	Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	4285	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Floresta Secundária[4]	20 anos	Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	2195	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Corte e queima[3]		Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	915	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Roçado com cobertura morta[3,5]		Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	3617	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Corte e queima[3]	Pasto[6]	Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	216	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Cobertura morta[3]	Pasto[6]	Oligochaeta, Formicidae, Isoptera	3365	-	Igarapé-Açu/Pará	Rousseau *et al.* 2010
Floresta Secundária	20 anos	Coleoptera, Hymenoptera	2548	116	Marabá/Pará	Rodrigues *et al.* 2016
Roçado (*Vignia ungiculata* L.)		Coleoptera, Hymenoptera	508	115	Marabá/Pará	Rodrigues *et al.* 2016
Roçado (*Manihot* sp.)		Acari, Hymenoptera	13041	147	Marabá/Pará	Rodrigues *et al.* 2016
Pasto (*B. brizantha*)	10 anos	Acari, Coleoptera	3895	65	Marabá/Pará	Rodrigues *et al.* 2016
Floresta Primária		Formigas, Pauropoda	60 a 102	-	Carajás/Pará	Bandeira e Torres 1988

SUT= Sistema de Uso da Terra, Obs.= Observações, Abun.= Abundância, S= Riqueza. [1] *B. brizantha* = *Brachiaria bryzantha* (Staph) cv. Marandu, [2] *Panicum maximum* (Jacq.) cv. Tanzania. [3]Preparados a partir de floresta secundária de quinze anos. [4]Parte conservada da floresta de quinze anos citada anteriormente. [5] Enriquecido com árvores leguminosas de rápido crescimento (*Racosperma mangium* [Willd.] Pedley e *Sclerolobium paniculatum* Vog.). [6]*Brachiaria humidicola* e *B. Brizantha.*

Apêndice C: Questionários aplicados aos produtores.

Caracterização da pastagem.

Pasto/Piquetes	1	2	3	4	5
Tamanho (ha)					
Ano de implantação					
Tipos de Capim					
Tipos de Pastejo					
Nº de dias de pastejo Nº de dias de Descanso					
Tipo de Limpeza/Ano					
Quant. De Cabeças/piquete					
Renovo dos pastos (sementes, queima, replantio de mudas, etc.)					

Número do Ponto: (Coordenadas)
Produtor: (A,B)
1. Localização do ponto na gleba
1.1. Localização
( ) centro
( ) borda (distanciado até 8 metros da borda)
1.2. Distância do ponto à borda mais próxima (em metros): _____
1.3. Tipo de borda ou limite:
( ) igarapé ou drenagem
( ) estrada ou caminho
( ) transição simples para outra gleba de cultura, especificar: _____
( ) transição para área de capoeira
( ) transição para área de floresta
( ) cerca
( ) cerca viva, especificar espécies _____
( ) outro, especificar _____

1.4. Outras bordas da gleba. Especificar segundo categorias do item anterior.
Tipo de borda Distância aproximada do ponto

1.5. Há outros pontos localizados na mesma gleba? Quais:_____
2. Caracterização da pastagem:
2.1. Espécies e/ou variedades de gramíneas:
_____
2.2. Quando foi instalada? _____
2.3. Qual a cobertura da terra anterior? _____
2.4. Quando a área foi desflorestada pela primeira vez? _____
3. Espécies arbóreas/arbustivas presentes
Densidade média de árvores: _____

Espécies	Arbórea/arbustiva	Propósito (sombra, invasoras)

4. Caracterização da atividade:
4.1. Número de cabeças/unidade de área: _____
4.2. Práticas de manejo: _____
4.3. Capina:
( ) sem capina
( ) manual, equipamentos: _____
( ) outra: _____
4.4. Número de vezes em que foi feita a capina por ano:_____
4.5. Presença de espécies invasoras, descrever quantidade e diversidade_____
_____
4.6. Aplica algum tipo de fertilizante? Qual? Como é feito? Quantidade?
_____
_____
4.7. Faz algum tipo de controle de pragas e doenças? Como é feito?
_____
_____
4.8. Práticas de conservação do solo:
_____
_____
4.9. Problemas identificados (sanidade, degradação do solo etc.)
_____