

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

LAURA COUSSEAU

**FAUNA EPIEDÁFICA EM AMBIENTE CONTAMINADO POR  
CHUMBO NO SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2017

LAURA COUSSEAU

**FAUNA EPIEDÁFICA EM AMBIENTE CONTAMINADO POR  
CHUMBO NO SUDOESTE DO PARANÁ**

Trabalho de conclusão do Curso Superior em Ciências Biológicas – Licenciatura, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Dois Vizinhos, como requisito para obtenção do título de Biólogo.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>: Dinéia Tessaro

Coorientadora: Dr<sup>ª</sup>. Regiane Franco Vargas

DOIS VIZINHOS

2017

C868f

Cousseau, Laura.

Fauna epiedáfica em ambiente contaminado por chumbo no Sudoeste do Paraná / Laura Cousseau – Dois Vizinhos, 2017.

55f.:il.

Orientadora: Prfa. Dra. Dinéia Tessaro

Coorientadora: Dra. Regiane Franco Vargas

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Ciências Biológicas - Licenciatura, Dois Vizinhos, 2017

Bibliografia p. 40-51

1. Degradação ambiental 2. Solos – Poluição  
3. Chumbo I. Tessaro, Dinéia, orient. II. Vargas, Regiane Franco, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos  
IV. Título

CDD: 631.4



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Coordenação do Curso Ciências Biológicas



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **Trabalho de Conclusão de Curso**

#### **Fauna epiedáfica em ambiente contaminado por chumbo no Sudoeste do Paraná**

por

**Laura Cousseau**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15 horas do dia 22 de Junho de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Biólogo (Curso Superior em Ciências Biológicas – Licenciatura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos). O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos membros abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Casali  
UTFPR - Dois Vizinhos

---

Profa. Dra. Dinéia Tessaro  
UTFPR – Dois Vizinhos

---

Dra. Regiane Franco Vargas  
UTFPR – Dois Vizinhos

---

Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira  
Coordenador do Curso de Ciências  
Biológicas  
UTFPR – Dois Vizinhos

**“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.**

## RESUMO

COUSSEAU, Laura. **Fauna epiedáfica em ambiente contaminado por chumbo no sudoeste do Paraná**. 2017. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Biológicas, Licenciatura. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017.

Os metais pesados apresentam, quando presentes em grandes concentrações, potencial tóxico às diferentes formas de vida, principalmente àquelas que possuem contato direto com o solo contaminado, como ocorre com a fauna epiedáfica. Embora esses organismos desempenhem papéis cruciais no solo, os estudos sobre os efeitos causados pela exposição da fauna epiedáfica aos metais pesados ainda são escassos. Neste sentido, esse trabalho tem por objetivo a caracterização da fauna epiedáfica em solo contaminado por chumbo, verificar seu potencial bioindicador e realizar a morfotipagem de colêmbolos. A área de estudo localiza-se no município de Marmeleiro – PR e encontra-se abandonada há mais de cinco anos devido às ações movidas pelo Ministério Público e pelo Instituto Ambiental do Paraná em decorrência dos altos níveis de chumbo encontrados no solo pelo manuseio e destinação inadequada durante a reciclagem de baterias. O estudo foi realizado em Dezembro de 2016, sendo a fauna epiedáfica amostrada através do método *Pitfall-traps*, classificada ao nível taxonômico de ordem e os resultados obtidos, submetidos à análise estatística multivariada de componentes principais (ACP), à análise de similaridade (ANOSIM) e análise de porcentagem de similaridade (SIMPER). A abundância da fauna do solo foi avaliada pelos índices de riqueza, diversidade de Shannon (H) e uniformidade de Pielou (J). No total foram amostrados 10.842 organismos distribuídos em 13 grupos taxonômicos. Considerado a fauna epiedáfica, os modelos estatísticos apontaram diferenças entre a área contaminada e as áreas de controle, sendo que a última apresentou maior riqueza, H' e J' que a área com maior concentração do metal pesado. No caso dos colêmbolos, não houve diferenças significativas entre os morfotipos das áreas estudadas, desta forma, para estudo destes organismos é indicada uma classificação taxonômica mais aprofundada, bem como análise química em relação ao pH do solo, para verificar a influencia deste sobre a fauna epiedáfica.

**Palavras-chave:** Metais pesados. Fauna de solo. Contaminação do solo. Degradação ambiental.

## ABSTRACT

COUSSEAU, Laura. **Epiedaphic fauna in environment contaminated by lead in southwestern Paraná.** 2017. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Biológicas, Licenciatura. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2017

When present in heavy concentrations, heavy metals present toxic potential to different life forms, especially to those that have direct contact with contaminated soil, as occurs with epiedaphic fauna. Although these organisms play crucial roles in the soil, studies on the effects caused by the exposure of epigeal fauna to heavy metals are still scarce. In this sense, the objective of this work is to characterize the fauna epiedaphic in soil contaminated by lead, to verify its potential bioindicator and perform the morphotyping of Subclass Collembola. The study area is located in the municipality of Marmeleiro - PR and has been abandoned for more than five years due to the actions taken by the Public Ministry and the Environmental Institute of Paraná due to the high levels of lead found in the soil by the handling and disposal During battery recycling. The study was carried out in December 2016, and the epiedaphic fauna was sampled through the *Pitfall-traps* method, classified at the taxonomic order level and the results obtained, subjected to multivariate statistical analysis of main components (ACP), analysis of similarity (ANOSIM) and similarity percentage analysis (SIMPER). Soil fauna abundance was evaluated by the richness, Shannon diversity (H) and Pielou uniformity (J). In terms of fauna epiedaphic, the statistical models pointed out differences between the contaminated area and the control areas, being that the last one presented greater wealth, H' and J' than the area with greater heavy metal concentration. In the case of the springtails, there were no significant differences between the morphotypes of the studied areas, so a more in-depth taxonomic classification and chemical analysis in relation to the pH of the soil are indicated for the study of these organisms to verify the influence of this on the fauna.

**Keywords:** Heavy metals. Soil fauna. Ground contamination. Ambiental degradation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área com vegetação rasteira no perímetro da recicladora em Marmeleiro, PR. ....	18
Figura 2 – Área com maior diversidade vegetal, variando de gramíneas até árvores no perímetro da recicladora em Marmeleiro – PR. ....	19
Figura 3 – Imagem aérea da área de estudo no município de Marmeleiro - Paraná. Destaca-se em preto, a área contaminada isolada, a qual foi dividida em 6 glebas; em roxo, área de controle com vegetação arbórea e, em amarelo, área de controle com gramíneas.....	20
Figura 4 - Armadilha de queda ( <i>Pitfall-traps</i> ) utilizada no presente trabalho.....	21
Figura 5 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna epiedáfica coletados nas diferentes parcelas de estudo avaliadas. Marmeleiro – PR. ....	27
Figura 6 - Relação entre a componente principal 1 (CP1) e a componente principal 2 (CP2), discriminando as amostras coletadas nas áreas da recicladora: A1, A2, A3, A4, A5, A6 e as áreas de controle A7 e A8. Marmeleiro – PR, 07 de Julho de 2017.....	31
Figura 7 - Relação entre a componente principal 1 (CP1) e a componente principal 2 (CP2), discriminando as amostras de colêmbolos, classificados em morfotipos, coletados nas oito parcelas de estudo em dezembro/2016. Marmeleiro - PR. ....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de referência sobre qualidade do solo para os principais metais pesados..	10
Tabela 2 - Valores atribuídos a cada característica morfológica de colêmbolo para estabelecimento dos morfotipos. ....	22
Tabela 3 - Teores de chumbo (mg.Pb.kg-1) por área de estudo no município de Marmeleiro, Paraná, em 07 de dezembro de 2017. ....	25
Tabela 4 - Grupos taxonômicos coletados em cada parcela e abundância total de cada área, riqueza total, índice de uniformidade de Pielou (J') e índice de diversidade de Shannon (H'). Marmeleiro – PR. ....	28
Tabela 5 - Frequência relativa de cada Morfotipo de colêmbolo (%), abundância total, riqueza total, índice de diversidade de Shannon (H') e índice de uniformidade de Pielou (J') nas parcelas de estudo em Marmeleiro - Paraná. ....	33

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A– Divisão da área de estudo e diferenças de vegetação: A = parcela 1 (A1); B = parcela 2 (A2); C = parcela 3 (A3); D = parcela 4 (A4); E = parcela 5 (A5); F = parcela 6 (A6); G = parcela 7, parcela de controle 1 (A7); H = parcela 8, parcela de controle 2 (A8). Marmeleiro – PR. ....	50
APÊNDICE B - Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para avaliar a contribuição de cada grupo taxonômico na separação das parcelas de estudo avaliadas no município de Marmeleiro – PR. ....	51
APÊNDICE C - Identificação de Morfotipo de colêmbolos neste estudo, respectivos scores e características morfológicas. ....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	8
1.1.1 Objetivo Geral .....	8
1.1.2 Objetivos Específicos .....	8
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 CONTAMINAÇÃO DE SOLOS .....	9
2.1.1 Contaminação por metais pesados.....	10
2.2 FAUNA EDÁFICA .....	12
2.3 BIOINDICADORES .....	14
2.3.1 Fauna edáfica como bioindicadora .....	15
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	18
3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	19
3.2.1 Amostragem do solo e determinação de teores de chumbo no solo.....	20
3.2.2 Amostragem e análise da fauna edáfica. ....	20
3.2.3 Morfotipagem de colêmbolos .....	22
3.2 ANÁLISE DE DADOS .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA EPIEDÁFICA.....	26
4.2 MORFOTIPO DE COLÊMBOLOS.....	32
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo é um importante recurso natural, garantindo a sustentação da vida através de processos biogeoquímicos e sendo o habitat de muitos organismos vivos. Os processos naturais acarretam diversas modificações no solo, as quais ocorrem de maneira a transformá-lo lenta e gradualmente. Entretanto, paralelamente a evolução humana, os processos de industrialização e urbanização acarretaram mudanças drásticas no solo (GÜNTHER, 2006), em virtude da utilização do mesmo como receptor de resíduos provenientes de atividades antrópicas, sendo elas de origem industrial, doméstica e agrícola.

Dentre os resíduos oriundos de atividades industriais, os metais pesados merecem especial atenção. Apesar de sua ocorrência natural no solo e da sua importância para o desenvolvimento de organismos (CHAVES, 2008), os mesmos constituem um fator de risco para o meio ambiente e saúde humana devido a sua característica tóxica e bioacumuladora se encontrados em concentrações elevadas no ambiente, tornando-se um contaminante (SCHLINDWEIN, 2005).

Além disso, a contaminação por metais pesados é responsável pela redução de micro-organismos, tendo por consequência a diminuição da densidade e diversidade de outros organismos que habitam o solo, sendo estes essenciais para os processos de decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (LIMA; LIMA; BERBARA 2003). Estes organismos do solo, denominados de fauna edáfica, exercem papel determinante em processos do solo, tais como a ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica e melhoria dos atributos físicos como agregação, porosidade e taxa de infiltração de água (BARETTA et al., 2011; HUERTA; WAL, 2012).

A fauna edáfica também é capaz de responder ativamente a mudanças impostas ao solo, sendo que por meio desses organismos, pode-se realizar avaliação da qualidade do solo, servindo como bioindicadores (PAOLETTI; BRESSAN, 1996). Brown et al. (1995) enfatiza que alteração na abundância, diversidade e composição de indicadores mede a perturbação do ambiente, apresentando estas respostas mais rápidas que outros atributos pedológicos.

Neste sentido, pode-se citar dentro deste escopo os trabalhos desenvolvidos por Rovedder et al. (2009), Castaldelli et al. (2015), Brito et al. (2016), Santos et al. (2016), Scoriza e Correia (2016), Rodriguez et al. (2016), Carvalho et al. (2016), entre outros.

Embora desempenhem papel tão importante no ecossistema, os trabalhos apresentados anteriormente não abordam especificamente estudos que visem analisar os efeitos da exposição desses organismos a ambientes contaminados com chumbo, os quais podem ocorrer em decorrência do contato dermal direto ou por ingestão de partículas coloidais do solo contaminado (LANNON et al., 2004). Destaca-se neste sentido, os trabalhos desenvolvidos por Barros et al. (2010), Ribeiro et al. (2012) e Antonioli et. al (2013).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar a fauna epiedáfica em solo contaminado por chumbo, no município de Marmeleiro - Paraná.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a fauna epiedáfica em solo contaminado por chumbo, quanto a sua abundância, riqueza, diversidade e composição de organismos;
- Caracterizar a diversidade de morfotipos de colêmbolos nas áreas selecionadas para estudo e potencialmente contaminadas com chumbo;
- Comparar as diferentes áreas selecionadas para estudo em relação à abundância, riqueza e diversidade de organismos;
- Caracterização da área em relação ao teor de chumbo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONTAMINAÇÃO DE SOLOS

Em virtude de suas características, durante muito tempo o solo foi considerado receptor ilimitado de resíduos como lixo doméstico, hospitalares, efluentes e resíduos provenientes de pecuária, agricultura e atividades industriais (MAZZER; CAVALCANTI, 2004), contudo, por ser um ambiente dinâmico e utilizado como base para a sustentação de todos os processos vitais, o solo é um espaço vulnerável a diversos tipos de transformações, sejam elas causadas naturalmente ou agravadas por ações antropogênicas. De acordo com a Resolução CONAMA 420/09, a contaminação de solo pode ser definida como a presença de substâncias químicas de origem antrópica, cujas concentrações restrinjam ou inviabilizem a utilização desse recurso ambiental por caracterizarem condições de perigo à saúde humana.

As fontes de contaminação do solo são bastante diversas, destacando-se a contaminação proveniente das zonas rurais, em virtude da deposição inadequada de resíduos sólidos e/ou líquidos, resultantes de atividades agrícolas, as quais incluem o uso abusivo e indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos, cujo uso gera a acumulação de contaminantes no solo (FERREIRA, 2008). Nas zonas urbanas também ocorrem casos de contaminação desse recurso natural, provocada, principalmente pela deposição de lixo oriundo de hospitais, aterros sanitários, comércio, indústria e até mesmo resíduos domiciliares (RIBEIRO, 2013).

O solo possui capacidade de atenuar os efeitos negativos causados pela contaminação através de imobilização, adsorção e efeito tampão (RIBEIRO, 2013). Apesar disso, o mesmo possui limites que caso sejam ultrapassados podem gerar danos ambientais em diversos âmbitos, como a redução na disponibilidade de nutrientes adequados para a vegetação e a redução de microrganismos necessários para os processos biogeoquímicos de ciclagem de nutrientes (CARVALHO; OLIVEIRA, 2010). Esses fatores colocam em risco o bom funcionamento do ecossistema, ocasionando desordem nas cadeias tróficas e processos de manutenção de nutrientes. Portanto, a preocupação com a degradação do solo deixou de ser uma preocupação apenas ambiental e passou a se tornar uma preocupação econômica, social e política (PHILIPPI; PELICIONI, 2005).

Diante disso, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu por meio da resolução nº 420/09 valores de referência que visam nortear as pesquisas sobre qualidade do solo de todo o território brasileiro (Tabela 01).

**Tabela 1 - Valores de referência sobre qualidade do solo para os principais metais pesados.**

Substâncias Inorgânicas	Valor de prevenção (VP)	Solo (mg.kg <sup>-1</sup> de peso seco)		
		Valores de investigação (VI)		
		Agrícola	Residencial	Industrial
Arsênio	15	35	55	150
Bário	150	300	500	750
Cádmio	1,3	3	8	20
Chumbo	72	180	300	900
Cobre	25	200	400	600
Cromo	75	150	300	400
Mercúrio	0,5	12	36	70
Níquel	30	70	100	130
Zinco	300	450	1.000	2.000

Fonte: adaptado da Resolução CONAMA 420/09.

Os valores de prevenção (VP) apresentados pela tabela correspondem, segundo a CONAMA nº 420/09, à concentração do valor limite de determinada substância no solo, ou seja, acima desse valor, o solo perde sua capacidade de sustentar suas funções primárias. Já os valores de investigação (VI), correspondem à concentração de determinada substância que acima da qual, apresenta potencial direto ou indireto de risco a saúde humana em caso de exposição. Esses valores permitem a referência para as análises e inferências quanto ao potencial contaminante de determinados ambientes.

### 2.1.1 Contaminação por metais pesados

Os metais pesados são definidos, quimicamente, como um grupo de elementos situados, na tabela periódica, que apresentam peso específico maior que 6 mg/cm<sup>3</sup> ou número atômico maior que 20 (BURAK, 2008). Estes elementos estão disponíveis naturalmente no meio ambiente devido aos processos pedogênicos, pois esses elementos são liberados pelas

ações de intemperismos, além de serem encontrados devido a processos causados pela ação humana (TAVARES, 2009).

Os metais pesados são divididos em dois grupos: elementos essenciais e não essenciais. Os elementos essenciais apresentam funções biológicas indispensáveis, pois são fontes de nutrientes necessários para o desenvolvimento de organismos, são eles o Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (TAVARES, 2009). Os elementos não essenciais são aqueles que não apresentam características funcionais para os organismos, sendo eles As, Cd, Cr, Hg e Pb (TSUTIYA, 1999).

Esses elementos apresentam riscos a biota devido a sua capacidade tóxica e bioacumulativa quando disponíveis em concentrações elevadas, independentemente de serem essenciais ou não (TAVARES, 2009; DIAS-JÚNIOR et al., 1998). No entanto, os elementos não essenciais apresentam maior risco aos organismos por não serem necessários para os processos biológicos (ROCHA, 2009).

Vendrame (2009) afirma que as características químicas dos solos são variáveis e que estas afetam a abundância e distribuição da fauna edáfica. Logo os organismos eu-edáficos também são influenciados pela contaminação do solo por metais pesados. Os organismos epiedáficos mais afetados por esse fator são os colêmbolos, isopodas e formigas (QUADROS, 2010; ANDRÉA, 2010).

Dentre os metais pesados, o chumbo é muito utilizado industrialmente, pois é empregado na construção civil, mineração, fabricação de baterias, munições e é constituinte de ligas metálicas para produção de soldas, revestimentos de cabos elétricos, entre outros (ROCHA, 2009). A maior parte do chumbo utilizado industrialmente gera rejeitos que são descartados, muitas vezes, de forma errada, diretamente no solo (QUADROS, 2010). Isso faz com que ocorra o aumento desse metal pesado no solo de maneira rápida e descontrolada, gerando a contaminação do solo e consequente efeito na vegetação e fauna que possuem contato dermal direto com o solo (SCHLINDWEIN, 2005).

Diante do exposto, os contaminantes químicos do solo são alvos de estudos ambientais voltados para a determinação dos seus valores, visto que, em altas concentrações são prejudiciais ao ecossistema, englobando a vegetação (RAMALHO; SOBRINHO, 2001), a biota (vertebrados e invertebrados), além de apresentar riscos eminentes à saúde humana (MARTIN; GRISWOLD, 2009; CAVALLET; CARVALHO; NETTO, 2013).

## 2.2 FAUNA EDÁFICA

A terminologia “fauna edáfica” refere-se à comunidade de invertebrados presentes no solo, sejam invertebrados de presença restrita a esse ambiente ou, àqueles que nele passam apenas um ciclo de sua vida (AQUINO; CORREIA, 2005). Os invertebrados presentes no solo atuam de forma dinâmica sobre o mesmo, caracterizando o solo como um ambiente de alta atividade biológica. Esta dinâmica os torna imprescindíveis na sustentação de processos básicos para o ecossistema, os quais são indispensáveis para a manutenção da vida. Esses processos incluem a ciclagem de nutrientes, decomposição de resíduos orgânicos e controle de pragas e doenças (MOREIRA; HUISING; BIGNELL, 2010).

Segundo Correia e Oliveira (2000) a fauna edáfica influencia as características e a qualidade do solo, podendo, deste modo, interferir em sua estrutura, modificando seus aspectos físicos e químicos, além dos aspectos biológicos. Esses aspectos incluem quais nutrientes estarão disponíveis e a quantidade respectiva de cada um, a retenção de água e também a quantidade de resíduos orgânicos.

Alguns invertebrados da fauna edáfica podem ser considerados “engenheiros do ecossistema”, como sugere Jouquet et al. (2006), pois além de participarem dos processos biogeoquímicos, também atuam de forma significativa na alteração da forma física do solo, criando ou modificando a estrutura através da formação de bolotas fecais, além de poros, galerias, ninhos e câmaras que podem servir de habitat para outros organismos do ecossistema, disponibilizar outros recursos e facilitar a locomoção (LAVELLE et al., 1997). Partindo desse pressuposto, pode-se afirmar que a fauna edáfica possui uma relação complexa com seu habitat e nicho ecológico, pois possuem relações íntimas com todas as características do solo e sofrem alterações na comunidade em virtude de modificações no ambiente.

A biodiversidade da fauna edáfica é muito alta, permitindo que sejam classificados de diversas formas. Segundo Aquino e Correia (2005) eles podem ser classificados de acordo com o tempo em que vivem no solo, o habitat, sua mobilidade, hábito alimentar e função que desempenhada no solo. Uma das principais formas de classificação se dá pelo tamanho corporal dos organismos, a qual pode estar associada ao diâmetro corporal (largura do organismo) ou de acordo com o comprimento (BARETTA et al., 2011). A classificação baseada no diâmetro segundo Swift et al. (2010) é dividida da seguinte maneira: Microfauna, a qual é representada por organismos microscópicos, cujo diâmetro corporal é menor que 0,1 mm; Mesofauna, representada por invertebrados com diâmetro corporal que varia de 0,1mm à

2,0mm; e Macrofauna, composta por invertebrados com diâmetro corporal maior que 2,0 mm ou maiores que 10 mm.

A microfauna edáfica inclui como seus representantes nematoides; rotíferos e tardígrados, os quais vivem na lâmina d'água presente no solo e possuem ciclo de vida rápido. São animais abundantes, que tem alta riqueza de espécies e de gêneros (SWIFT et al., 2010). Este grupo de organismos utiliza microrganismos (fungos, bactérias, protozoários, algas e actinomicetos) como fonte de alimento, além de também serem herbívoros de raízes (PARRON et al., 2015; SWIFT et al., 2010). Por se alimentarem de microrganismos possuem papel importante na regulação da atividade microbiana, atuando de maneira indireta na ciclagem de nutrientes. Essa predação pode atuar intensificando a mineralização ou ainda retardar a fixação de nutrientes na biomassa microbiana (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Além disso, atuam no controle biológico, pois atuam também como patógenos de insetos (MOREIRA et al., 2010).

A mesofauna edáfica por sua vez, é formada principalmente por invertebrados representantes das ordens Acari e Collembola (SOUTO et al., 2008; LEITÃO-LIMA; TEIXEIRA, 2002; TEIXEIRA; SCHUBART, 1988) mas também é representada por miriápodes, aracnídeos, diversas ordens de insetos, além de oligoquetos e crustáceos. Esses organismos, apesar de serem terrestres, são dependentes da umidade do solo e se movimentam através dos poros presentes neste compartimento (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Como característica do grupo, destaca-se sua atividade trófica, desempenhando papel importante na regulação da biota de solo, pois são micropredadores, ou seja, se alimentam de fungos e bactérias e predam invertebrados da microfauna (DUCATTI, 2002). Em virtude de seu hábito alimentar, a mesofauna também contribui para processos de fragmentação de matéria orgânica vegetal da serapilheira, fazendo com que a superfície de contato direto com o solo aumente, possibilitando que micro-organismos atuem mais ativamente e aumentem a taxa de decomposição e liberação de nutrientes para o solo. (SWIFT et al., 2010; PARRON et al., 2015). Portanto, a mesofauna também atua indiretamente na ciclagem de nutrientes.

A macrofauna difere dos outros grupos, pois é composta por invertebrados relativamente grandes sendo visíveis a olho nu (LAVELLE et al., 1997; BIGNELL et al., 2010). Abrange mais de 20 grupos taxonômicos, os quais são distribuídos em classes funcionais, dependendo da sua atividade sobre o solo. Entre esses grupos estão inclusos organismos como: minhocas, cupins, formigas, besouros, diplópodes, caracóis, grilos, gafanhotos, tatuzinhos, larvas de insetos, entre outros.

As classes funcionais em que a macrofauna é subdividida incluem: saprófagos, coprófagos e necrófagos, os quais se alimentam de matéria orgânica em decomposição; também é constituída de geófagos, os quais são consumidores de solo e auxiliam no processo de bioturbação, e também por organismos predadores e fitófagos (BROWN et al., 2001).

Segundo Aleves; Baretta; Nogueira-Cardoso (2006); Aquino e Correia (2008) e Bignell et al. (2010) a macrofauna é responsável por exercer papel fundamental no funcionamento do ecossistema, já que faz parte de diversos níveis tróficos na cadeia alimentar do solo. Dadas todas as características e estudos sobre a macrofauna edáfica, observa-se que a mesma apresenta grande potencial como bioindicador da qualidade de solo.

### 2.3 BIOINDICADORES

Diferentes organismos podem atuar como indicadores biológicos, permitindo inferir a qualidade de determinados ambientes, como locais aquáticos, terrestres e até mesmo sobre a qualidade do ar, de maneira eficaz, refletindo a influência antrópica na biodiversidade. De acordo com Doran e Parkin (1994) um bom indicador biológico deve obedecer a critérios para que possa ser avaliado de forma significativa. Dentre esses atributos, destaca-se a associação dos organismos indicadores com processos importantes para o ecossistema, integração das propriedades físicas, químicas e biológicas, ou seja, que possuam relevância ecológica. Freitas et al. (2006) afirmam que bioindicadores devem ser sensíveis a variações em longo prazo tanto no manejo quanto no clima, entretanto devem ser resistentes às flutuações ocorrentes em curto prazo. Além disso, devem apresentar taxonomia bem definida, baixa mobilidade em seu habitat, determinação simples e exata com fácil identificação, baixo custo para amostragem para viabilizar maior número de análises, fácil triagem, bem como apresentar distribuição cosmopolita e características ecológicas bem marcantes (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005).

Portanto, bioindicadores são ferramentas essenciais para o monitoramento de áreas degradadas, contaminadas ou alteradas (MCGEOCH, 1998), pois constituem uma representação simplificada de uma realidade ambiental complexa, evidenciando e facilitando a compreensão do manejo e qualidade ambiental através de respostas a estressores ambientais

aos quais são expostos (PAINEL NACIONAL DE INDICADORES AMBIENTAIS, 2014; KAPUSTA, 2008).

Em virtude do crescimento populacional, o ecossistema passou a ser agredido constantemente pelas múltiplas ações antrópicas e o solo têm sido principal alvo de resíduos oriundos de práticas agrícolas, domésticas e industriais. Com isso, os organismos dependentes desse ambiente para seu desenvolvimento adequado sofrem influências negativas, tendo seus ciclos de vida alterados. Segundo Lewinsohn, Freitas e Prado (2005), muitos organismos dependentes do solo apresentam diminuição nos índices de riqueza e composição de espécies, quando expostos a diferentes pressões ambientais.

### 2.3.1 Fauna edáfica como bioindicadora

O uso de organismos edáficos como indicadores da qualidade do solo e degradação ambiental está relacionado devido à suscetibilidade da fauna epiedáfica em responder às alterações ambientais e à sua estreita relação com a heterogeneidade dos ecossistemas, bem como com os processos ecológicos (ANDRADE, 2000; LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005; WINK et al., 2005; BARETTA, 2011; PAREJA, 2011), além de possuírem fácil método de avaliação das comunidades e indivíduos. As alterações no solo que influenciam a abundância e a diversidade de organismos edáficos são muito diversas e podem ocorrer tanto por distúrbio de caráter químico ou físico, sendo estas alterações potencializadas pela ação antrópica (D'ANDRÉA et al. 2002; BARETTA, 2006; CORDEIRO, 2004; MELO et al. 2009).

A fauna de solo é influenciada, por diversos fatores que afetam o desenvolvimento de seu ciclo de vida. Tendo em vista as possíveis causas de alterações na composição dos invertebrados de solo, Pinheiro et al. (2011), Nunes, Araújo-Filho e Menezes (2009) expõe que a mesma pode sofrer influência de práticas agrícolas tradicionais, como ocorre na prática de desmatamento para aplicação de monocultivos e em práticas de queimadas, as quais levam a perda de biodiversidade e riqueza em relação à áreas conservadas com mata heterogênea (THOMAZINI; THOMAZINI, 2002; BIAGOTTI, 2011). Além da influência de práticas agrícolas, Barros (2010) e Antonioli et. al (2012) observaram que os metais pesados agridem fortemente as comunidades edáficas, tendo principal efeito em micro artrópodes, inibindo seu

crescimento, conseqüentemente gerando inexpressiva densidade populacional e agindo de maneira biocumulativa sob esses organismos. Considera-se a fauna de solo como agente transformador das características de seu habitat, por atuar nos processos de decomposição, ciclagem de nutrientes e bioturbação, porém, além disso, esses organismos também são considerados um reflexo das características físicas, químicas e biológicas do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000).

Os organismos indicadores da qualidade de solo podem ser avaliados de maneira ampla, analisando-se toda a diversidade destes, de forma geral ou ainda, são feitas avaliações comportamentais específicas, considerando apenas um grupo da fauna. Com base no último caso, os colêmbolos têm sido alvo de pesquisas para a verificação de seu potencial como bioindicador, visto que são mais sensíveis às flutuações ambientais, como alterações de condições microclimáticas em seu micro-habitat e quantidade/qualidade de serapilheira (SOUSA et al., 2006; BARETTA et al., 2008; CHANG et al., 2013).

Sendo assim, os colêmbolos são organismos que apresentam respostas rápidas e pontuais, porém que apresentam sensibilidade variável entre as diferentes espécies, existindo espécies mais tolerantes que outras (CASSAGNE et al., 2006). Contudo, a realização de identificações em nível de espécie torna seu estudo demorado e caro, inviabilizando pesquisas de rotina por necessitar de profissionais especializados em taxonomia destes organismos (BARETTA et al., 2011).

A fim de facilitar a pesquisa e a classificação de colêmbolos, Parisi (2001) aconselha a criação de um índice, com a premissa de avaliar o grau de adaptação desses organismos a vida no solo, considerando que quanto maior a qualidade do solo, mais grupos serão bem adaptados a ele. Essa avaliação ocorre por meio da morfotipagem, isto é, observação de características morfológicas, as quais revelarão a adaptação de determinado organismo ao seu habitat, relacionando-o com sua função desempenhada no solo. Entre as características morfológicas a serem observadas estão: redução ou perda do aparelho visual; apêndices (pelos, antenas e pernas) reduzidos; redução ou perda de capacidades para voar, saltar ou correr e redução na retenção de água (PARISI, 2005; CARVALHO, 2012).

Para a observação das características morfológicas e atribuição padronizada do grau de adaptação dos indivíduos, foi proposto um valor ecomorfológico (EMI). Desta forma, os colêmbolos são separados em três níveis diferentes: eu-edáficos, semi-edáficos e epiedáficos (PARISI et. al, 2005). A partir disso, Santos (2008) observou que os colêmbolos mais adaptados à superfície do solo, próximos a serapilheira, apresentam furca bem desenvolvida, são pigmentados e apresentam aparelho visual mais complexo. Os colêmbolos semi-edáficos

apresentam furca pequena ou com tamanho reduzido, aparelho visual não completamente desenvolvido e coloração mais clara ou ausente. Enquanto os colêmbolos mais adaptados ao solo, os eu-edáficos, são aqueles que não dispõem de furca e aparelho visual, além de serem completamente brancos (SANTOS, 2008).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi realizado na região rural do município de Marmeleiro, Sudoeste do Paraná, na área de uma recicladora de baterias desativada. A mesma localiza-se nas imediações da Rodovia BR 280, com latitude 26° 9'38.18"S e longitude 53° 2'28.13"O. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho, de clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa) segundo classificação de Köppen (EMBRAPA, 2013).

Devido ações movidas pelo Ministério Público e pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a área encontra-se abandonada há seis anos, em decorrência dos altos níveis de chumbo encontrados no solo pelo manuseio e destinação inadequada durante o processo de reciclagem de baterias. Em virtude do abandono oriundo do embargo, a área encontra-se em um processo de recuperação sem intervenção humana, observando-se diferentes estágios de desenvolvimento da vegetação, a qual varia de gramíneas rasteiras a arvoretas em diferentes locais dentro da área (Figura 1 e 2).

**Figura 1 - Área com vegetação rasteira no perímetro da recicladora em Marmeleiro, PR.**



Fonte: autora, 2016.

**Figura 2 – Área com maior diversidade vegetal, variando de gramíneas até árvores no perímetro da recicladora em Marmeleiro – PR.**

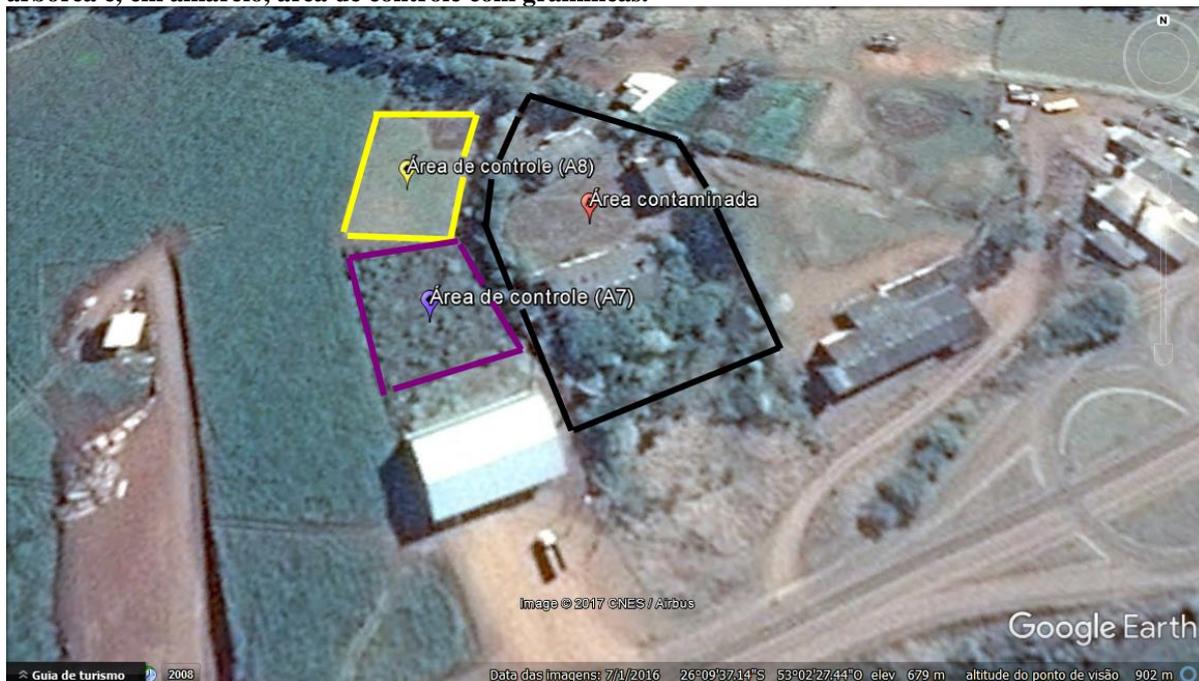


**Fonte: autora, 2016.**

### 3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

A coleta do solo e fauna foi realizada em 07 dezembro de 2016. Para tal, a área contaminada da recicladora foi dividida em 6 glebas (áreas de influência direta), pois a área poderia apresentar diferentes níveis de contaminação em cada ponto, em virtude dos diferentes processos desenvolvidos em cada setor da recicladora. Adicionalmente, estabeleceram-se duas áreas de referência (controle) fora do perímetro de contaminação delimitado, localizadas nas imediações da recicladora (Figura 3) e (Apêndice A), nas quais foram realizadas as amostragens acima descritas, conforme segue.

**Figura 3 – Imagem aérea da área de estudo no município de Marmeleiro - Paraná. Destaca-se em preto, a área contaminada isolada, a qual foi dividida em 6 glebas; em roxo, área de controle com vegetação arbórea e, em amarelo, área de controle com gramíneas.**



Fonte: Google Earth©, 2016.

### 3.2.1 Amostragem do solo e determinação de teores de chumbo no solo

Em cada gleba foram coletadas quatro amostras de solo, as quais foram obtidas com auxílio de trado holandês na profundidade de 0-5 cm. Em cada gleba, de cada amostra coletada, retirou-se uma alíquota de solo, as quais em conjunto compuseram uma amostra de solo por gleba analisada, totalizando 8 amostras de solo. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar e determinados os teores de chumbo enviadas para laboratório em cada uma das glebas analisadas.

### 3.2.2 Amostragem e análise da fauna edáfica.

Para a amostragem da fauna edáfica epigéica foram instaladas em cada uma das 8 glebas, 4 armadilhas de queda (*Pitfall-traps*) espaçadas em 10 m, totalizando 32 armadilhas.

Nos mesmos pontos escolhidos para amostragem do solo foram abertos buracos com auxílio de trado holandês, com largura e profundidade suficientes para fixar potes plásticos, de 250 mL, com a borda do recipiente nivelada à superfície do solo.

Depois de instaladas, as armadilhas foram preenchidas com solução conservante de formol 4% até atingir 1/3 do frasco. Como coberturas das armadilhas foram utilizados pratos plásticos descartáveis e palitos de madeira fixados ao solo para impedir a entrada de água da chuva, evitando a diluição da solução conservante ou o transbordamento devido a casos de chuva, comprometendo a qualidade das amostras (Figura 4).

**Figura 4 - Armadilha de queda (*Pitfall-traps*) utilizada no presente trabalho.**



Fonte: autora, 2016.

As armadilhas permaneceram durante seis dias na área experimental, sendo então removidas, vedadas, identificadas e levadas até o Laboratório de Geologia, Pedologia e Paleontologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, onde houve o processamento e armazenagem das amostras em álcool 70% para posterior identificação dos organismos.

O conteúdo de cada armadilha foi triado e analisado individualmente com auxílio microscópio estereoscópico com aumento de 40 vezes e a identificação foi realizada de acordo com chaves dicotômicas de classificação e consulta a materiais bibliográficos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

### 3.2.3 Morfotipagem de colêmbolos

Os organismos pertencentes à ordem Collembola foram classificados em morfotipos, com auxílio de microscópio estereoscópico com aumento de 40 vezes, segundo Carvalho (2012). Nesta análise cada colêmbolo é analisado observando cinco características morfológicas ligadas a sua adaptação ao solo e, a cada uma delas atribuído um valor de índice ecomorfológico (EMI), pois a classe Collembola possui muitas espécies, com diferentes níveis de adaptação ao solo.

Conforme tabela 2, as características analisadas foram: presença ou ausência de ocelos; pelos e/ou escamas; pigmentação; comprimento de antenas e tamanho de fúrcula (CARVALHO, 2012).

**Tabela 2 - Valores atribuídos a cada característica morfológica de colêmbolo para estabelecimento dos morfotipos.**

Características morfológicas	Valor	
Ocelos	Presentes	0
	Ausentes	4
Tamanho das antenas	Comprimento da antena > comprimento do corpo	0
	Comprimento da antena > 0,5 x comprimento do corpo	2
	Comprimento da antena < 0,5 x comprimento do corpo	4
Furca	Presente	0
	Presente, mas reduzida	2
	Ausentes	4
Pelos/escamas	Presentes	0
	Ausentes	4
Pigmentação	Presente e com padrões	0
	Presente, sem padrões	2
	Ausente	4

Fonte: Carvalho (2012).

De acordo com esta metodologia, a cada combinação diferente de características, é atribuído um morfotipo, com um valor final de EMI correspondente a soma dos valores das cinco características analisadas. O cálculo do EMI para cada morfotipo pode variar entre 0 (combinação 00000) e 20 (combinação 44444), permitindo separar os mesmos em grupos, sendo os colêmbolos com EMI entre 0 e 8, considerados epiedáficos e identificados como Ep1, Ep2, etc. Os organismos com EMI entre 10 e 12 são classificados como semi-edáficos

(SemiEd1, SemiEd2, etc.) e os com EMI entre 14 e 20 são considerados eu-edáficos (Ed1, Ed2, etc.).

### 3.2 ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados para os diferentes grupos taxonômicos epiedáficos, foram analisados, objetivando informações referentes à riqueza de grupos e a densidade total de indivíduos. Por meio dos dados de riqueza e densidade, foi calculado o índice de diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou, (ODUM; BARRETT, 2007).

A abundância dos principais grupos da fauna edáfica foi transformada para frequência relativa, o que representa a contribuição de cada grupo de organismos dentro dos diferentes tratamentos. Considerando a soma de organismos presentes nas 4 amostras coletadas em cada tratamento, foram obtidos os índices de diversidade de Shannon (H) e índice de uniformidade de Pielou (J). O índice de diversidade de Shannon (SHANNON, 1948) foi obtido pela expressão:

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

Onde: H' equivale ao índice de Shannon;  $n_i$  = número de indivíduos da espécie ou grupo, N = número total de indivíduos da amostra e ln refere-se ao logaritmo na base natural.

A fórmula para cálculo do índice de uniformidade de Pielou (PIELOU, 1966) deriva do índice de Shannon:

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (2)$$

Sendo, J' o índice de Pielou; H' representação do índice de Shannon; S = número de espécies ou grupos e ln o logaritmo na base natural.

Adicionalmente, os resultados referentes aos grupos edáficos foram analisados segundo análise de componentes principais (ACP), técnica matemática de análise multivariada que possibilita a investigação de um grande número de dados disponíveis e a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados obtidos.

Além disso, os dados também foram submetidos a uma Análise de Similaridade, através do teste de permutação ANOSIM, o qual tem por objetivo testar a significância das diferenças na composição da comunidade de fauna entre as áreas de coleta. Este teste gera uma estatística R que varia entre -1 e 1, sendo que os valores iguais a 1 são obtidos apenas quando todas as repetições são similares entre si. Para os casos em que a ANOSIM detectou diferenças entre os grupos, foi realizada uma Análise de Porcentagem de Similaridade - SIMPER (*Similarity Percentage Breakdown*), para avaliar a contribuição de cada grupo taxonômico nas áreas analisadas, as quais foram comparadas aos pares.

As análises referidas acima foram realizadas utilizando o *software* Primer 5.2.6© (PRIMER-E LTD, 2001), sendo utilizado o *software* CANOCO para a análise de componentes principais, apenas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da quantificação de teor de chumbo total nas oito parcelas de coleta (Tabela 3), verificou-se que todas as amostras de solo coletadas dentro da área embargada apresentaram elevados níveis desse metal pesado, sendo este teor muito superior ao permitido pela legislação vigente considerando o setor industrial, cujo limite é de 900 mg.Pb.kg<sup>-1</sup> (CONAMA 420/2009).

**Tabela 3 - Teores de chumbo (mg.Pb.kg-1) por área de estudo no município de Marmeleiro, Paraná, em 07 de dezembro de 2017.**

Parcelas de coleta	Descrição das parcelas	Teor de chumbo (mg.Pb.kg <sup>-1</sup> )
Área 1	Área com gramíneas altas, sem arvoretas ou árvores.	19.525,46
Área 2	Localizada em sequência da Área 1, com gramíneas rasteiras e poucas árvores.	39.935,39
Área 3	Área localizada entre os três galpões da recicladora, onde ocorria tráfego de caminhões. Solo mais compactado e vegetação escassa.	9.801,96
Área 4	Entrada da recicladora, com gramíneas altas e influência de árvores adjacentes.	2.073,38
Área 5	Área mais heterogênea do perímetro. Com muitas arvoretas, árvores e gramíneas.	3.281,98
Área 6	Em sequência à Área 5, com poucas árvores e gramíneas altas.	2.345,58
Área 7	Área localizada fora do perímetro da recicladora, com vegetação alta, assemelhando-se a vassouras.	483,38
Área 8	Ao lado do perímetro da recicladora e da área 7. Composta apenas por grama.	36,84

As áreas controle apresentaram índices abaixo do limite considerado para o setor industrial. No entanto, a área de controle 7 apresenta índices elevados para o setor residencial e agrícola, sendo imprópria. Já a área 8 está dentro dos padrões exigidos pela legislação para todos os usos do solo.

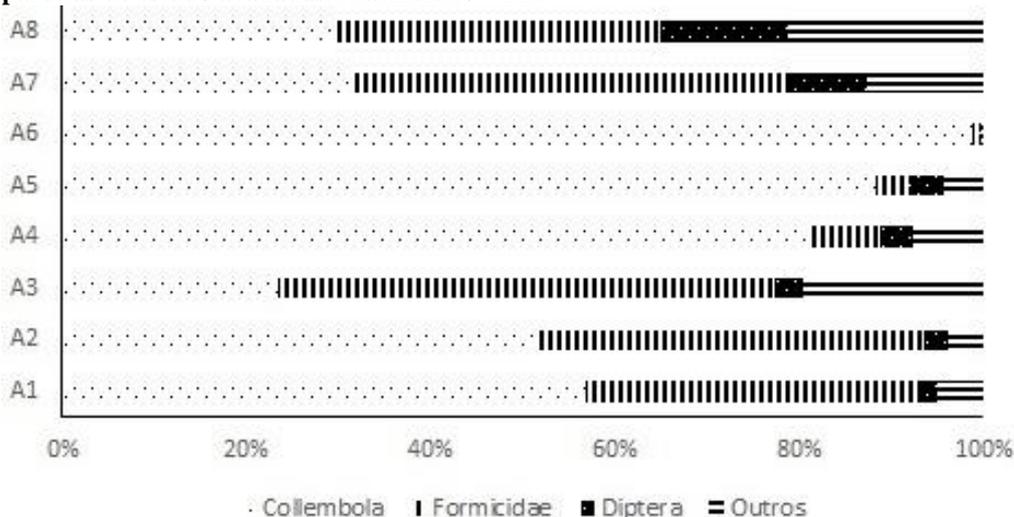
#### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FAUNA EPIEDÁFICA

Nas oito parcelas de coleta, foram contabilizados 10.842 organismos distribuídos em 13 grupos taxonômicos: Acari, Araneae, Blattodea, Coleoptera, Collembola, Diptera, Dermaptera, Gastropoda, Haplotaxida, Hemiptera, Hymenoptera (família: Formicidae), Isopoda e Orthoptera.

A ordem Collembola por sua vez, esteve bastante frequente em todas as parcelas de estudo, porém, observou-se que o grupo apresentou menor frequência relativa na parcela A3 e a maior em A6, onde representou quase 100% dos organismos amostrados (Figura 5). Este resultado pode ser explicado devido à cobertura vegetal, a qual, em A3 é escassa e constituída por vegetação rasteira e o solo apresenta-se bastante compactado pelo tráfego constante de caminhões dentro da área durante a fase de operação da recicladora (Apêndice A). Moço et al. (2005) e Baretta et al (2011) destacam a influência negativa da compactação sobre os grupos edáficos, sobretudo, a mesofauna, considerando sua baixa mobilidade e capacidade de mover partículas do solo. Associado a esses fatores, também há o elevado teor de chumbo encontrado nesta área (9.801,96 mg.Pb.Kg<sup>-1</sup>) em comparação à área A6 (2.345,58 mg.Pb.Kg<sup>-1</sup>).

Na parcela A6, observa-se cobertura vegetal densa, constituída por gramíneas altas, cercadas por arvoretas e árvores, características que contribuem para o aumento da frequência de colêmbolos, tendo mais influência que o metal pesado, por gerar habitat ideal para o desenvolvimento destes organismos, pois proporciona local com maior umidade e disponibilidade de alimento, considerando que se alimentam de fungos relacionados à matéria orgânica, bactérias e detritos vegetais (CASTAÑO-MENESES et al., 2004). Esta mesma interpretação pode ser extrapolada para as áreas A4 e A5, cuja cobertura vegetal, embora parcialmente diversa em relação a A6, também propicia condições favoráveis para o desenvolvimento do grupo.

**Figura 5 - Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna epiedáfica coletados nas diferentes parcelas de estudo avaliadas. Marmeleiro – PR.**



\*Em “outros” refere-se à soma dos grupos menos frequentes.

Lamoncha; Crossley (1998) e Migliorini et al. (2003) demonstraram que a riqueza de organismos edáficos pode ou não aumentar em função da degradação do solo por metais pesados, já a dominância de grupos geralmente aumenta, enquanto que a uniformidade pode diminuir, tornando a população mais variável.

No presente estudo, embora existam semelhanças na abundância de organismos da área de controle com a área contaminada, a diferença entre o índice de riqueza das duas áreas sugere a interferência do chumbo sobre os grupos edáficos. Santorufo et al. (2012) demonstram a sensibilidade dos organismos edáficos, principalmente Acari e Collembola, à solos contaminados por metais pesados como Pb, Cu e Zn. No entanto, estudos mostram que alguns organismos, como os colêmbolos, são tolerantes aos metais pesados encontrados em concentrações maiores no solo, fazendo com sejam indiferentes aos locais contaminados (MIGLIORINI et al., 2004)

Analisando a riqueza total de grupos verifica-se que esta foi maior nas áreas controle (A7: 12 grupos e A8: 11 grupos) quando comparadas às áreas de coleta na área contaminada, sendo que os grupos Blattodea, Dermaptera, Diptera, Gastropoda, Hemiptera, Haplotaxida, e Isopoda foram mais frequentes nestas áreas (Tabela 4). No entanto, a abundância total não apresentou o mesmo comportamento, pois as áreas de controle não se sobressaem em relação às áreas contaminadas, o que pode ser explicado devido às características da vegetação na área embargada, visto que é um local em fase de recuperação, apresentando cobertura vegetal em diferentes níveis de desenvolvimento.

**Tabela 4 - Grupos taxonômicos coletados em cada parcela e abundância total de cada área, riqueza total, índice de uniformidade de Pielou (J') e índice de diversidade de Shannon (H'). Marmeleiro – PR.**

Grupos	Tratamentos							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Acari	8	11	2	23	8	4	18	4
Araneae	9	21	10	23	5	5	26	31
Blattodea	0	0	0	0	0	0	2	0
Coleoptera	9	9	3	17	9	3	40	46
Collembola	294	614	24	744	653	5780	250	201
Diptera	8	30	3	33	29	6	68	93
Dermaptera	0	0	0	0	0	0	1	0
Formicidae	190	499	55	68	26	52	378	235
Gastropoda	0	0	0	0	0	0	1	1
Haplotaxida	0	0	0	0	9	0	0	1
Hemiptera	0	0	2	4	0	0	2	27
Isopoda	0	0	0	0	0	0	3	0
Orthoptera	0	4	3	2	0	3	8	32
Abundância*	518	1188	102	914	739	5853	797	617
Riqueza*	6	7	8	9	7	7	12	11
J'*	0,53	0,50	0,66	0,37	0,28	0,04	0,56	0,72
H'*	0,96	0,97	1,37	0,78	0,54	0,08	1,38	1,65

\*Considerou-se a soma dos organismos das quatro amostras coletadas em cada tratamento.

Em termos de composição vegetal, A1 apresenta semelhanças com A3 (Apêndice A), pois as duas áreas possuem vegetação rasteira, constituída principalmente por gramíneas baixas, bem distribuídas e espaçadas entre si, além de possuírem solo com maior compactação. Porém, apesar da semelhança de vegetação, A1 apresenta abundância (518) maior que A3 (102), influenciada pela alta abundância de colêmbolos e formigas; assim como por A3 apresentar solo ainda mais compactado que A1, pelo fluxo constante de veículos, como já citado, o que não favorece o estabelecimento de organismos edáficos (MACHADO, 2015). Em A7 e A8 a cobertura vegetal associada à baixa concentração de chumbo contribui para que a distribuição dos organismos seja mais homogênea e que estas parcelas apresentem maior uniformidade de Pielou em comparação à área de investigação.

Já a quinta parcela (A5) dentro do perímetro contaminado possui singularidades em sua composição vegetal, o que faz com que essa se assemelhe às áreas de controle, em relação à abundância total apresentada (739), apesar do alto teor de chumbo ( $3.281,98 \text{ mg.Pb.kg}^{-1}$ ), visto que é a única das seis áreas a apresentar maior diversidade vegetal, variando de gramíneas até árvores de grande porte, possibilitando a formação de serapilheira mais diversa e densa e mantendo o solo úmido, o que, provavelmente, contribuiu para o estabelecimento do grupo Haplotaxida e para sua abundância total de organismos.

As áreas de controle apresentaram muita diferença em relação à área contaminada, tanto pelos índices de fauna quanto pelo teor de contaminação. Em relação à fauna, as áreas

controle apresentaram grupos exclusivos, que não estiveram presentes em nenhuma das parcelas da área contaminada, embora em reduzida densidade, como os grupos Blattodea, Dermaptera, Gastropoda e Isopoda. Também apresentou grande abundância do grupo Coleoptera, pouco frequente na área contaminada.

Estudos mostram a influência da quantidade e das características da vegetação na comunidade de invertebrados do solo (ALVES et al., 2006; DUCATTI, 2002; NUNES et al., 2009; PANDOLFO et al., 2005), pois a maior quantidade e variedade de vegetação favorece maior desenvolvimento dos organismos edáficos e estes estejam presentes em maior quantidade, aumentando sua abundância e riqueza. No entanto, quando há baixa disponibilidade de recursos vegetais para a fixação da fauna nestes ambientes, a mesma sofre influências negativas em suas populações, afetando os índices e os tornando inferiores.

Quanto à contaminação de solo e sua influência sobre a comunidade de organismos edáficos, os estudos são escassos, porém Migliorini et al. (2004), revelou que a riqueza de comunidades que habitavam regiões com concentrações elevadas de chumbo e antimônio não pareciam ser muito afetadas, embora a abundância de alguns grupos flutuava de acordo com as concentrações dos metais em solo. Nahmani; Lavelle (2002) também elucidam que a riqueza de grupos não refletiu a distribuição de contaminação por Zinco, sendo que em zonas com menor concentração do metal pesado, os organismos se desenvolveram de maneira normal, porém, a densidade de organismos foi afetada pela alta concentração de Zinco. Desta forma, segundo esses autores, somente a riqueza não é parâmetro suficiente para avaliar os distúrbios causados pela contaminação do solo por metais pesados em comunidades edáficas, sendo necessária a avaliação de atributos mais sensíveis às interações da fauna com o meio ambiente.

O índice de diversidade de Shannon, que considera a porcentagem de contribuição de cada grupo taxonômico na abundância total de organismos (MANHÃES et al., 2013), foi superior nas áreas de controle, as quais correspondem à área oito (1,65) e a área sete (1,38), seguidos da área três, dentro do espaço contaminado (1,37), pois os grupos destas áreas não apresentaram dominância, ou seja, não houve um grupo com número de indivíduos exacerbadamente superior aos demais. No entanto, nas demais áreas, observam-se valores de  $H'$  muito inferiores às áreas acima mencionadas, com destaque para a área A6, cujo índice  $H'$  foi de 0,08, explicado pelo elevado número de colêmbolos amostrados em comparação aos demais grupos.

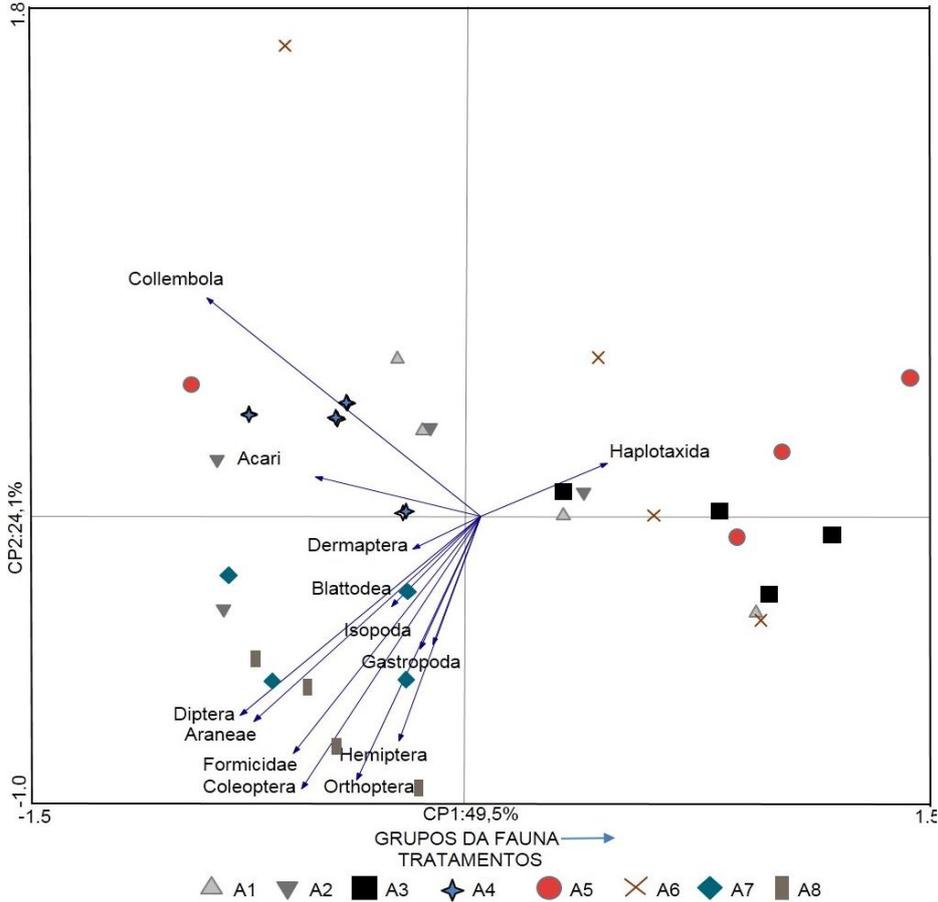
Já o índice de uniformidade de Pielou se refere ao padrão de distribuição dos organismos entre os grupos, sendo diretamente proporcional a diversidade e inversamente

proporcional a dominância de grupos (HARADA et al., 2013; MARQUES et al., 2014). As áreas que apresentaram elevada frequência de colêmbolos (A4, A5 e A6) tiveram redução de uniformidade, assim como de diversidade, também ocasionada pela dominância desse grupo em relação aos demais. A área 3 não apresentou dominância de grupos, portanto os índices foram maiores, apesar da baixa abundância.

Segundo Machado et al. (2015), a variabilidade do índice de uniformidade é resultante dos valores de riqueza e dominância de grupos, sendo que esse pode ser maior quando a riqueza for alta e a dominância de grupos for baixa. O grupo Collembola, com maior frequência em, praticamente, todos os tratamentos, exceto as áreas de controle e área A3, contribuiu para a variabilidade desse índice, visto que em A6 teve frequência de aproximadamente 100%, no entanto, está frequência elevada é condicionada por apenas uma das armadilhas.

Analisando a Figura 6, verifica-se que a ACP explicou 73,6% da variabilidade total dos dados, sendo que a CP1 explicou 49,5% e a CP2 explicou 24,1% da variabilidade, separando as áreas de controle da área da recicladora. No segundo quadrante (superior esquerdo) concentrou-se maior parte do tratamento A4, o qual corresponde à entrada da recicladora e no terceiro quadrante (inferior esquerdo) agruparam-se as amostras coletadas nas áreas A7 e A8, as quais tiveram a maior riqueza, e índices de uniformidade e diversidade de organismos. No lado direito da figura, os tratamentos A3, A5 e A6 não tiveram separação entre si. Percebe-se então que a ACP separou as áreas com menor teor de chumbo (A7 e A8) das áreas contaminadas, aquelas dentro do perímetro da recicladora.

**Figura 6 - Relação entre a componente principal 1 (CP1) e a componente principal 2 (CP2), discriminando as amostras coletadas nas áreas da recicladora: A1, A2, A3, A4, A5, A6 e as áreas de controle A7 e A8. Marmeleiro – PR, 07 de Julho de 2017.**



Diante dos dados obtidos pela ACP é possível perceber que as parcelas A7 e A8, as quais obtiveram maiores índices de diversidade e uniformidade de fauna, ficaram agrupados, enquanto as parcelas com maior abundância devido ao táxon *Collembola* ficaram agrupadas no primeiro quadrante, o que pode ter sido favorecido devido à vegetação dessas áreas, as quais apresentavam gramíneas altas e densas, gerando maior disponibilidade de material orgânico que as demais áreas.

Em termos de composição da fauna epiedáfica, a ANOSIM ( $R= 0,327$ ;  $p= 0,1\%$ ) apontou diferenças significativas na composição da comunidade entre, praticamente, todas as áreas de estudo. Os grupos que contribuíram para essa diferença significativa foram: *Collembola*, *Coleoptera*, *Diptera* e *Formicidae*.

Todas as parcelas de estudo dentro da área embargada apresentaram dissimilaridade em relação às áreas de controle, apresentando composição de fauna inferior a esta (Apêndice

B). As áreas de controle também apresentaram diferença de composição entre si, possivelmente devido à diferença de vegetação e concentração de Pb.

#### 4.2 MORFOTIPO DE COLÊMBOLOS

Os colêmbolos estiveram presentes em todas as parcelas de coleta, sugerindo, como afirma Santorufo et al. (2012) que esses organismos são pouco afetados pela contaminação do solo. No total foram contabilizados 8.560 colêmbolos divididos em 15 morfotipos, dos quais 24,1% foram classificados como epiedáficos (2.056 indivíduos), 2,86% identificados como semi-edáficos (245 indivíduos) e 73,01% como edáficos (6.250 indivíduos).

A maior frequência de colêmbolos epiedáficos ocorreu nas parcelas de estudo A2 (89,16%), A7 (87,95%) e A1 (83,62%), sendo o morfotipo Ep 8 mais representativo em A2 (51,46%) e em A1 (35,49) e o morfotipo Ep11 em A7 (34,94%), como representado na Tabela 6. A área A1 e A2 são semelhantes, pois possuem alto teor de contaminação, vegetação rasteira e solo mais compactado, entretanto, a parcela 7 apresenta menor concentração de chumbo e sua vegetação é mais alta e fechada. Os colêmbolos epiedáficos são aqueles que vivem na superfície do solo, possuem maior mobilidade e também maior atividade metabólica (NGSONG; RUESS; RICHNOW, 2011; MARTINS DA SILVA et. al, 2016), o que pode explicar a presença desses organismos em A7, visto que estes são considerados decompositores e sua principal fonte de alimento são microrganismos e fungos, os quais estão associados à matéria orgânica do solo (RAFAEL et al., 2012). Contudo, A1 e A2 não possuem composição vegetal suficiente para que ocorra decomposição de matéria orgânica constante, sendo a abundância de colêmbolos epiedáficos neste local, possivelmente explicada devido a composição química (pH) do solo. Bengtsson; Gunnarsson; Rundgren (1986) apontam que solos contaminados estão, frequentemente, relacionados à diminuição no pH do solo e Machado (2015) relaciona a baixa quantidade de colêmbolos, em geral, com a diminuição do pH. Porém, Ponge et al. (2000) sugere a existência de colêmbolos tolerantes à acidez do solo, que sobrevivem com pH inferior a 5 e intolerantes, que carecem de pH superior a 5. No entanto, para a realização de inferências quanto a presença de determinados grupos de colêmbolos devido ao pH é necessário realizar a medição do pH dos pontos de coleta, além de identificar os organismos a nível taxonômico mais aprofundado.

A frequência dos indivíduos pertencentes ao morfotipo semi-edáfico foi muito menor que a frequência dos morfotipos epiedáficos e eu-edáficos, sendo que as maiores frequências ocorreram em A8 (29,35%), área com a menor concentração de chumbo; seguida de A3 com 4,17%, área que apresenta alta concentração do metal. Já morfotipos eu-edáficos, aqueles que vivem no interior do solo e possuem menor mobilidade, tiveram maior frequência em A6 (95,71%), A5 (65,24%) e A3 (41,67%), sendo sua menor frequência em A2 (10,19%). Dentro desse grupo, o morfotipo Ed1 teve maior frequência em A6 (94,01%) e A3 (33,33%), já em A5 houve maior frequência de Ed2 (64,47%).

**Tabela 5 - Frequência relativa de cada Morfotipo de colêmbolo (%), abundância total, riqueza total, índice de diversidade de Shannon (H') e índice de uniformidade de Pielou (J') nas parcelas de estudo em Marmeleiro - Paraná.**

Morfotipos	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Ep1	2,39	0,97	0	0,40	0	0	2,41	2,99
Ep2	5,80	1,13	8,33	0,94	0	0,03	0	0,50
Ep3	3,41	0,49	0	0,81	0	0	3,61	8,96
Ep4	33,79	24,60	29,17	14,65	0,77	1,23	16,06	24,38
Ep5	0	1,13	0	0	0	0,05	5,22	2,49
Ep6	0	0	0	0	0	0	3,21	0
Ep7	2,73	0,32	0	0,13	0	0	0	0
Ep8	35,49	51,46	16,67	23,79	28,48	0,12	20,88	18,91
Ep9	0	0	0	27,28	3,83	0	1,61	0
Ep10	0	5,66	0	0	0	0	0	0
Ep11	0	3,40	0	13,84	1,53	0	34,94	1,99
Frequência Ep. Total	83,62	89,16	54,17	81,85	34,61	1,44	87,95	60,20
SemiEd1	2,73	0,65	4,17	0,67	0,15	2,85	0,80	29,35
Frequência SemiEd. Total	2,73	0,65	4,17	0,67	0,15	2,85	0,80	29,35
Ed1	6,14	7,61	33,33	1,21	0,15	94,01	3,21	3,98
Ed2	0	0,49	0	4,03	64,47	0	0	0
Ed3	7,51	2,10	8,33	12,23	0,61	1,70	8,03	6,47
Frequência Ed. Total	13,65	10,19	41,67	17,47	65,24	95,71	11,24	10,45
Abundância total	293	618	24	744	653	5780	249	201
Riqueza total	9	13	6	12	8	7	11	10
Diversidade de Shannon	0,76	0,58	0,87	0,74	0,44	0,15	0,78	0,80
Uniformidade de Pielou	1,66	1,49	1,57	1,84	0,92	0,30	1,88	1,84

Ep: Epiedáficos; SemiEd: Semi-edáficos; Ed: Eu-edáficos

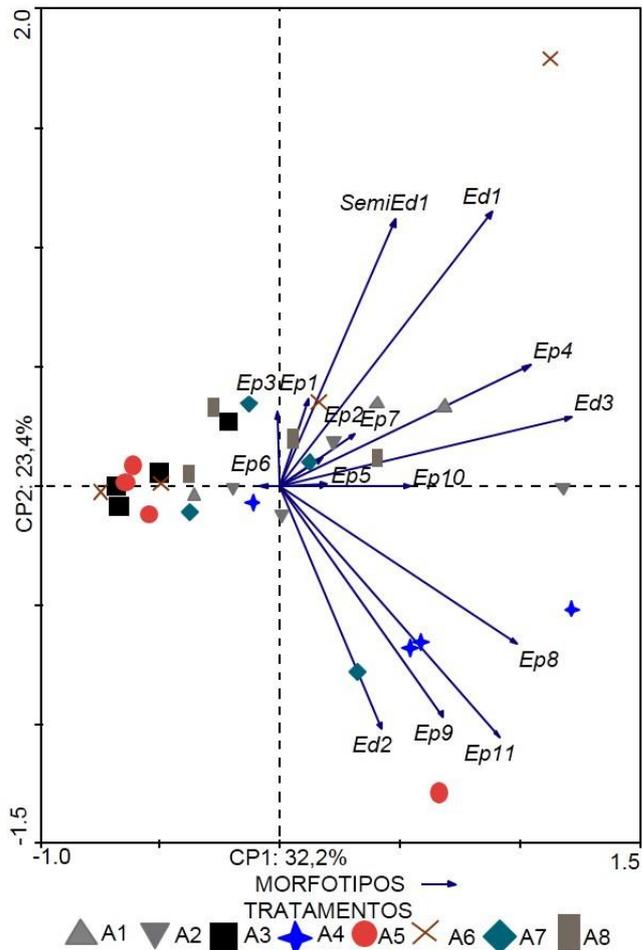
Os índices de diversidade de Shannon e Uniformidade de Pielou apresentaram similaridades na maioria dos pontos amostrais. Entretanto, os menores índices foram encontrados em A6 (0,15), A5 (0,44) e A2 (0,58), quanto a diversidade e A6 (0,30), A5 (0,92) e A2 (1,49).

A parcela A6 apresentou dominância do morfotipo Ed1 e, o que gerou índices de diversidade e uniformidade muito abaixo das demais parcelas de coleta. Esta área apresenta a menor concentração de chumbo ( $2.345,58 \text{ mg.Pb.kg}^{-1}$ ) entre as três com baixos índices e, em termos composição vegetal, apresenta gramíneas muito altas e influência da vegetação de A5.

Em A5 a baixa diversidade (0,44) foi ocasionada pela alta frequência relativa de Ed2 e Ep8. A concentração de chumbo nesta área é de  $3.281,98 \text{ mg.Pb.kg}^{-1}$  e sua vegetação, como já apresentado, possui particularidades em relações a das demais áreas, visto que é única a apresentar desde gramíneas a árvores bem desenvolvidas, assemelhando-se a uma pequena região de mata, o que pode explicar a maior quantidade colêmbolos, no entanto, a dominância de grupos morfotípicos fez com que seus índices de diversidade e uniformidade estivessem abaixo de áreas com composição vegetal pobre. Já em A2, área com o maior teor de chumbo ( $39.935,39 \text{ mg.Pb.kg}^{-1}$ ), a composição vegetal é escassa, mesmo assim, a alta frequência de Ep8 contribuiu para a diminuição dos índices de diversidade e uniformidade.

A ACP explicou 32,2% da variabilidade dados através da CP1 e 23,4% através da CP2, não ocorrendo uma separação clara das áreas (Figura 7).

**Figura 7 - Relação entre a componente principal 1 (CP1) e a componente principal 2 (CP2), discriminando as amostras de colêmbolos, classificadas em morfotipos, coletados nas oito parcelas de estudo em dezembro/2016. Marmeleiro - PR.**



Ponge et al., 2003 elucidou que a composição de colêmbolos pode ser afetada pela intensificação do uso do solo e outros autores (BARETTA et al., 2008; PAUL; NONGMEAITHEM; JHA, 2011) demonstram que locais de áreas florestais apresentam maior densidade e diversidade de colêmbolos. Porém, observa-se através dos índices da tabela 5, que, apesar de serem as áreas que mais se assemelham a áreas florestais, A5 e A6 apresentam baixa diversidade de colêmbolos, apesar da abundância destes, devido a dominância de Ed2 em A5 e de Ed1 em A6.

Assim como a ACP, a ANOSIM ( $R: 0,084$ ;  $p: 14,1\%$ ) não apontou dissimilaridade significativas entre as comunidades das áreas, desta forma, não foi realizado a análise SIMPER.

## 5 CONCLUSÕES

- Dentro do perímetro com maior concentração de metal pesado os organismos se comportaram de forma heterogênea. Os grupos mais frequentes em todas as áreas contaminadas foram Collembola, Diptera e Hymenoptera (Família: Formicidae).

- Os organismos mais sensíveis à contaminação de solo foram Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Orthoptera

- De modo geral, os índices de riqueza, uniformidade de Pielou e diversidade de Shannon da fauna epiedáfica são afetados pela contaminação de chumbo.

- Não houve diferenciação significativa entre os morfotipos de colêmbolos das áreas de estudo, sendo assim, estes não são bons indicadores de contaminação de solo.

- A área contaminada por Pb e as áreas de controle apresentam diferença entre si. As áreas de controle apresentam maiores índices de riqueza total, uniformidade de Pielou e diversidade de Shannon que as áreas contaminadas, as quais apresentam dominância de organismos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Mauricio Vicente; BARETTA, Dilmar; NOGUEIRA-CARDOSO, Elke Jurandy Bran. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 33-43, 2006. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Elke\\_Cardoso/publication/237495075\\_Soil\\_fauna\\_under\\_different\\_management\\_systems\\_in\\_Sao\\_Paulo\\_State\\_Brazil/links/53dc24a20cf2cfac9928ff4a/Soil-fauna-under-different-management-systems-in-Sao-Paulo-State-Brazil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elke_Cardoso/publication/237495075_Soil_fauna_under_different_management_systems_in_Sao_Paulo_State_Brazil/links/53dc24a20cf2cfac9928ff4a/Soil-fauna-under-different-management-systems-in-Sao-Paulo-State-Brazil.pdf)> Acesso em: 13 de maio de 2017.

ANDRÉA, Mara M. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, n. especial, p. 95-107, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a7.pdf>> Acesso em: 15 de abr. de 2016.

ANDRADE, Luziane B. de. **O uso da fauna edáfica como bio-indicadora de modificações ambientais em áreas degradadas**. 2000. 51. f. TCC (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <[http://www.ufrrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/mono\\_disset\\_tese/mono\\_disset\\_tese17.pdf](http://www.ufrrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/mono_disset_tese/mono_disset_tese17.pdf)> Acesso em: 24 de mar. de 2016.

ANTONIOLLI, Zaida I.; REDIN, Marciel; SOUZA, E. L. de; POCOJESKI, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, Online, 2013. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2013nahead/a15813cr4635.pdf>> Acesso em: 09 de set de 2016.

AQUINO, Adriana. M.; CORREIA, Maria. E. F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Embrapa: Agrobiologia, 2005. 52 p.

AQUINO, Adriana M., CORREIA, Maria. E. F.; ALVES, M. V. Diversidade da macrofauna edáfica no Brasil. In: **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. MOREIRA, Fatima M. S., SIQUEIRA, José. O.; BRUSSAARD, L. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 768 p.

BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio. C. P.; BERTOL, I.; ALVES, M. V.; MANFOI, F.; BARETTA, C. R. D. M. Efeito do cultivo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 2. p. 108-117. 2006.

BARETTA, Dilmar; FERREIRA, Cristina Seabra; SOUSA, José P.; CARDOSO, Elke J. B. N.. Colêmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. especial, p.

2693-2699, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32nspe/12.pdf>> Acesso em: 28 de maio de 2017.

BARETTA, Dilmar; SANTOS, Julio. C. P.; SEGAT, C. J.; GEREMIA, E. V.; FILHO, L. C. I. de Oliveira; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade de solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, p. 119-170. 2011.

BARROS, Yara J.; MELO, Vander de F.; SAUTTER, K. D.; BYSCHLE, B.; OLIVEIRA, E. B. de; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C de P.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – Mesoafauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, Viçosa, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000400037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400037)> Acesso em: 8 de set de 2016.

BENGTSSON, Göran; GUNNARSSON, Torsten; RUNDGREN, Sten. Effects of metal pollution on the earthworm *Dendrobaena rubida* (Sav.) in acidified soils. **Water Air and Soil Pollution**, v. 28, p. 361-383, 1986.

BIAGOTTI, Gabriel. **Interações entre a comunidade de formigas e as variáveis ambientais em Voçoroca sob regime de regeneração natural**. 2011. 53 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

BIGNELL, David; CONSTANTINO, R.; CSABA C.; KARYANTO, A.; KONATÉ, S.; LOUZADA, J. N. C.; SUSILO, F. X.; TONDOH, Jeroen. B.; ZANETTI, R. Macrofauna. In: **Manual de Biologia dos solos tropicais**. MOREIRA, Fatima M. S.; HUISING, J.; BIGNELL, D. E. Lavras: Editora UFLA, 2010.

BROWN, Sally L.; ANGLE, J. S.; CHANEY, R. L.; BAKER, A. J. M. Zinc cadmium uptake by hiperaccumulator *thlapsi caerulescens* grown in nutrient solution. **Soil Science Society of America**, Madson, v. 59, n. 1, p. 125-133, 1995.

BRITO, Maria Fabiana de, TSUJIGUSHI, Bruno Patrício; OTSUBO, Auro Akio; SILVA, Rogério Ferreira da; MERCANTE, Fábio Martins. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253-260, 2016.

BROWN, George G.; PASINI, A.; BENITO, N. B; AQUINO, A. M. de; CORREIA, Maria Elizabeth, F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: a preliminar analysis. In: **PROCEEDINGS of the International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems**. Montreal: UNU/CDB, 2001. 48p. Disponível em:

<<http://archive.unu.edu/env/plec/cbd/Montreal/presentations/BrownGeorge.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. de 2016.

BURAK, Diego L. **Geoquímica e distribuição de metais pesados em solos na região de Unaí, Paracatu, Vazante, MG.** 2008, 189 f. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CARVALHO, F. C. **Efeito de diferentes tipos de gestão em olivais nos microartrópodes de solo usando uma abordagem funcional.** 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Coimbra, Portugal, 2012.

CARVALHO, Juliana dos Santos; KUNDE, Roberta Jeske; STÖCKER, Cristiane Mariliz; LIMA, Ana Cláudia Rodrigues de; SILVA, Jamir Luis Silva da. Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, 1131-1139, 2016.

CASSAGNE, Nathalie; GAUQUELIN, Thierry; BAL-SERIN, Marie-Claude; GERBS, Charles. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. **Pedobiologia, Journal of Soil Biology**. v. 50, p. 127-134, 2006.

CASTALDELLI, Ana P. A.; SAMPAIO, Silvio C.; TESSARO, Dineia; SORACE, M.; HERRMANN, Daniela da R.; SORACE, Maurem. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 35, 2015.

CASTAÑO-MENESES, Gabriela; PALACIOS-VARGAS, José Guadalupe; CUTZ-POOL, Leopoldo Querubín Feeding habits of Collembola and their ecological niche. **Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología**, v. 75, p. 135-142, 2004.

CAVALLET, Luiz Ermindo; CARVALHO, Sebastião G. de; NETO, P. F. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiental da Água**. v. 8, n. 3, Taubaté, São Paulo, 2013.

CHANG, Liang; HAITAO, Wu; DONGHUI, Wu; SUN, Xin. Effect of tillage and farming management on Collembola in marsh soils. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 112-117, 2013.

CHAVES, Edson Valente. **Absorção de metais pesados de solos contaminados do aterro sanitário e pólo industrial de Manaus pelas espécies de plantas *Senna multijuga*, *Schizolobium amazonicum* e *Caesalpinia echinata*.** 2008. 87f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL., 20., TSUTIYA, 1999, Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos**. maio 1999, Rio de Janeiro, p. 753. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/i-140.pdf>> Acesso em: 25 de mar. de 2016.

CORDEIRO, Flávio C.; DIAS, F. de C.; MERLIN, A. de O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**. Seropédica – RJ, v. 24, n. 2, p. 29-34, jul/dez, 2004.

CORREIA, Maria Elizabeth F.; OLIVEIRA, Luís Claudio M. de. **Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia – RJ, fev. 2000. 46 p.

CORREIA, Maria Elizabeth F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia – RJ, dez. 2002. 23 p.

D'ANDRÉA, Alexandre. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado do sul do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 913-929, 2002.

DIAS-JÚNIOR, Henrique E.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; SILVA, R. Metais pesados, densidade e atividade microbiana em solo contaminado por rejeitos de indústria de Zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, Viçosa, oct/dez 1998. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06831998000400008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831998000400008)> Acesso em: 17 de jul. 2016.

DORAN, John W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, John W. COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. 244 p.

DUCATTI, Fabiane. **Fauna edáfica em fragmentos florestais e em áreas reflorestadas com espécies da mata atlântica**. 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP. 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa 1997. 212 p.  
\_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353p.

FERREIRA, Carmen C. G. **Degradação do solo no Concelho de Gondomar: uma perspectiva geográfica**. Dissertação (Doutorado em Geografia Física) 270 p. Universidade de Porto – Porto: Portugal. 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/10751>> Acesso em: 17 de jul. de 2016.

FREITAS, André Victor L.; LEAL, Inara R.; UEHARA-PRADO M.; IANNUZZI, L. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: **Biologia da conservação: essências**. ROCHA, Carlos F. D.; ROCHA; BERGALLO, H. G.; VAN-SLUYS, M.; ALVES, M. A. S. Rima: São Carlos, 2006.

GÜNTHER, Wanda M. R. Áreas contaminadas no contexto da Gestão Urbana. **São Paulo em Perspectiva**. v. 20, n. 2, p. 105-117. abr/jun, 2006. Disponível em: <[http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02\\_08.pdf](http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf)> Acesso em: 19 de jul. de 2016.

HARADA, A. Y.; FARIAS, P. R.; LOPES, L. D.; SILVA, A. G.; BRANDÃO, A. D. Assessment of ant communities in secondary forest in the eastern Amazon. **Comunicata Scientiae**, v.4, n.2, p. 186-194, 2013.

HUERTA, Esperanza; WAL, H. Soil macro invertebrates abundance and diversity in home gardens in Tabasco, Mexico, vary with soil texture, organic matter and vegetation cover. **European Journal of Soil Biology**, v. 50, p. 68-75, 2012.

JOUQUET, Pascal; DAUBER, J.; LAGERLÖF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v. 36, p. 153-164, 2006. Disponível em: <<http://www.math.wustl.edu/~berson/0206-Lavelle-1997-ee.pdf>> Acesso em: 26 de mar. 2016.

KAPUSTA, Simone C. **Bioindicação ambiental. Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre**: Porto Alegre, 2008. 88p.

LANNO, Roman; WELLS, J.; CONDER, J.; BRADHAM, K.; BASTA, N. The bioavailability of chemicals in soil for earthworms. **Ecotoxicology Environment**, v. 57, n. 1, p. 39-47, 2004.

LAMONCHA, Karen. L.; CROSSLEY, Dac. Oribatid mite diversity along an elevation gradient in a southeastern Appalachian forest. **Pedobiologia**, v. 42, p. 43-55, 1998. Disponível em <<http://coweeta.uga.edu/publications/168.pdf>> Acesso em 02 de junho de 2017.

LAVELLE, Patrick; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate

ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, n. 4, 1997. Disponível em: <[http://pierre-armand-roger.fr/publications/pdf/194\\_lavelle.pdf](http://pierre-armand-roger.fr/publications/pdf/194_lavelle.pdf)> Acesso em: 24 de mar de 2016.

LAVELLE, Patrick.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, 2006. Disponível em: <<http://j.p.rossi.free.fr/pub/articles/Lavelleetal2006.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2016

LEITÃO-LIMA, Patrícia. S. L.; TEIXEIRA, Leopoldo. B. **Distribuição vertical e abundância da mesofauna do solo em capoeiras**. Belém: Embrapa, 2002. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31665/1/ComTec63.pdf>> Acesso em: **24 de mar. de 2016**

LEPSCH, Igo F. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LEWINSOHN, Thomas M.; FREITAS, A. V.; PRADO, P. I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**. v. 1, n. 1., p.62-69, jul, 2005

LIMA, Andréa A. de; LIMA, W. L. de; BERBARA, R. L. L. Diversidade da mesofauna de solo em sistemas de produção agroecológica. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 1, n.1, 2006. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2003.

MACHADO, Julia da Silva. **Diversidade morfológica de colêmbolos (Hexapoda: Collembola) em sistemas de manejo do solo**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2015.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E.; DINIZ, A. R.; MENEZES, C. E. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da mata atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do sul - RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.1, p.91-106, 2015.

MANHÃES, C. M.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Meso and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. **Agroforest System**, v.87, p. 993-1004, 2013.

MARTINS DA SILVA, Pedro; BOLGER, Thomas; DIRILGEN, Tara; SOUS, José Paulo. Traits of collembolan life-form indicate land use types and soil properties across an European transect. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 97, p. 69–77, 2016.

MARTIN, Sabine; GRISWOLD, Wendy. Human health effects of heavy metals. **Center for Hazardous Substance Research (CHSR)**, Kansas State University, 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.399.9831&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em: **29 de mar de 2016**.

MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; SILVA, L. M.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v.30, n.5, p.15881597, 2014.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo. A. Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Revista Informa**, v. 16, n. 11-12, Maringá, 2004.

MCGEOCH, Melodie A. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 73, n. 02, p. 181-201, 1998.

MELO, Fernando. V. de; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N.C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W. DE; ZANETTI, R. A. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2009.

MIGLIORINI, Massimo; PETRIOLI, Andrea; BERNINI, Fabio. Comparative analysis of two edaphic zoocoenoses (*Oribatid mites* and *Carabid beetles*) in five habitats of the 'Pietraporciana' and 'Lucciolabella' Nature Reserves (Orcia Valley, central Italy). **Acta Oecologica**, v. 23, p. 361-374, 2002.

MIGLIORINI, Massimo; PIGINO, Gaia; BIANCHI, Nicola; BERNINI, Fabio; LEONZIO, Claudio. The effects of heavy metal contamination on the soil arthropod community of a shooting range. **Environmental Pollution**, v.129, p. 331-340, 2004.

MOREIRA, Fatima M.S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. 368p.

NGOSONG, Christopher; RUESS, Liliane; RICHNOW, Hans. Tracking Collembola feeding strategies by the natural <sup>13</sup>C signal of fatty acids in an arable soil with different fertilizer regimes. **Pedobiologia**, Jena, v. 54, n. 4, p. 225–233, jul. 2011.

NAHMANI, Johanne; LAVELLE, Patrick. Effects of heavy metal pollution on soil macrofauna in a grassland of Northern France. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, p. 297-300, 2002.

NUNES, Luís A. P. L.; ARAÚJO-FILHO, J. A. de; MENEZES, R. I. de Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 1, p. 43-49. Curitiba, 2009.

ODUM, Eugene P.; BARRET, Gary W. **Fundamentos de ecologia**. Thomson Learning, 2007. 632p.

PAINEL NACIONAL DE INDICADORES AMBIENTAIS. **PNIA 2012 – Referencial teórico, composição e síntese dos indicadores da versão-piloto**. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília, 2014.

PANDOLFO, Maria Carla; CERETTA, Carlos Alberto; VEIGA, Milton da; GIROTTO, Eduardo. Estudo da mesofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de nutrientes. **Agropecuária catarinense**, v. 18, n. 2, 2005. Disponível em <[https://www.researchgate.net/profile/Milton\\_Veiga/publication/261181072\\_Estudo\\_da\\_mesofauna\\_edafica\\_em\\_diferentes\\_sistemas\\_de\\_manejo\\_do\\_solo\\_e\\_fontes\\_de\\_nutrientes\\_Soil\\_mesofauna\\_under\\_different\\_soil\\_tillage\\_systems\\_and\\_nutrient\\_sources/links/004635338c642145f1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Milton_Veiga/publication/261181072_Estudo_da_mesofauna_edafica_em_diferentes_sistemas_de_manejo_do_solo_e_fontes_de_nutrientes_Soil_mesofauna_under_different_soil_tillage_systems_and_nutrient_sources/links/004635338c642145f1000000.pdf)> Acesso em: 12 de maio de 2017.

PAOLETTI, Maurizio.G.; BRESSAN, M. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. **Critical Reviews in Plant Science**, v. 15, n. 1, p. 21-62, 1996. Disponível em: <<http://www.bio.unipd.it/agroecology/download/pdf/papers/1996/Bio-Indicators-Soil-Invert-CRPS-1.pdf>>. Acesso em: 18 de maio de 2016.

PAREJA, Santiago R.; LEMUS, F. A.; PISCO, R. R.; GAMBOA, J. A. Q.; ROJAS, E. I. L. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo em cultivos de mora, pasto y aguacate. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, Medellín: Universidad Nacional de Colombia, v. 64, n. 1, p. 5793-5802, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922364005>> Acesso em: 24 de mar. de 2016.

PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C. **Evaluation of soil quality and biodiversity in Italy: the biological quality of soil index (QBS) approach, 2001**. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/228613216\\_Evaluation\\_of\\_soil\\_quality\\_and\\_biodiversity\\_in\\_Italy\\_The\\_biological\\_quality\\_of\\_soil\\_index\\_%28QBS%29\\_approach](http://www.researchgate.net/publication/228613216_Evaluation_of_soil_quality_and_biodiversity_in_Italy_The_biological_quality_of_soil_index_%28QBS%29_approach).

PARISI, V.; MENTA, C.; GARDI, C.; JACOMINI, C.; MOZZANICA, E. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. **Ecosystems and Environment**, v.105, p.323-333, 2005.

PARRON, Maria. L.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. **Serviço ambiental em sistemas agrícolas e florestais do bioma Mata Atlântica**. Brasília,

D.F. Embrapa, 2015. Disponível em:  
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129844/1/GeorgeB-LivroServicosAmbientais.pdf>>. Acesso em: 27 de mar. de 2016.

PAUL, D.; NONGMEITHEM, A.; JHA, L. Collembolan density and diversity in a forest and an agroecosystem. **Journal of Soil Science**, v.1, p.64-60, 2011.

PHILIPPI, Arlindo J. R.; PELICIONI, Maria C. F. **Educação ambiental e sustentabilidade. Coleção Ambiental**. 2 ed., Barueri: Manole, 2005.

PIELOU, E. The measurement of diversity in different types of biological collections. **Journal of Theoretical Biology**, n.13, p.131-144, 1966.

PINHEIRO, Francisco J; ALVES, T. dos S.; ALMIR, J. P. S.; RAULINO, F. E. S.; FIALHO, J. S.; AGUIAR, M. I. Fauna edáfica como bioindicadora do manejo agrícola no semi-árido cearense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6. n. 2, 2011.

PRIMER-ELTD. **Primer 5 for Windows**, Version 5.2.6. Copyright©2001.

QUADROS, Aline F. Isópodos terrestres como biomonitores na ecologia de restauração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 2, p. 569-583, 2010.

RAFAEL, José Albertino; MELO, Gabriel A.; CARVALHO, Claudio J.; CASARI, Sdônia A.; CONSTANTINO, Reginaldo. **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012, 810 p.

RAMALHO, Jair F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. do A. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Revista Floresta e Ambiente**. v. 8. n. 1 p. 120-129, 2001.

RIBEIRO, Marcos A. do C. **Contaminação do solo por metais pesados. Dissertação** (Mestrado em Engenharia do Ambiente) 249 f., 2013. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, jun, 2013.

RODRIGUES, Khalil de Menezes; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; RESENDE, Alexander Silva de; CAMILO, Fernanda de Lima; CAMPELO, Eduardo Francia Carneiro; FRANCO, Avílio Antônio; DECHEN, Sonia Carmela Falci. Fauna de Solo ao longo do processo de sucessão ecológica em voçoroca revegetada no município de Pinheiral – RJ. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 355-364, 2016.

ROCHA, Adriano F. da. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio: a problemática destes metais pesados na saúde pública**. Monografia (Graduação em Ciências da Nutrição) 63 f. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação, Universidade de Porto: Portugal. 2009.

ROSA, Marcio G. da. **Macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso nas regiões do Oeste e Planalto Catarinense**. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do este de Santa Catarina, 2013.

ROVEDDER, Ana Paula Moreira; ELTZ, Flávio Luiz Foletto; DRESCHER, Marta Sandra; SCHENATO; Ricardo Bergamo; ANTOLINI, Zaida Inês. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1051-1058, 2009.

SANTORUFO, Lucia; GESTEL, Cornelis A. M. van; ROCCO, Annamaria; MAISTO, Giulia. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. **Environmental Pollution**, v. 161, p. 57-63, 2012.

SANTOS, P. S. **Utilização de Colêmbolos edáficos (Insecta: Collembola) como indicadores da qualidade do solo, com recurso a características funcionais**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade de Coimbra. Coimbra, 2008.

SANTOS, Djavan Pinheiro; SANTOS, Glenio Guimarães; SANTOS, Isis Lima dos; SCHOSSLER, Thiago Rodrigo; NIVA, Cíntia Carla; MARCHÃO, Robélio Leandro. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1466-1475, 2016.

SCHLINDWEIN, Marcelo N. Problemas ambientais relacionados aos estrogênios miméticos: perda de fertilidade, câncer e outros riscos à saúde humana como resultado dos produtos da sociedade de consumo. **Revista Uniara**, n. 16. 2005.

SCORIZA, Rafael Nogueira; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes. Fauna do Solo como Indicadora em Fragmentos Florestais na Encosta de Morrotes. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 598-601, 2016.

SHANNON, C. A mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, v.27, p.379-423, July, 1948.

SOARES, Marcio R. **Coefficiente de Distribuição ( $K_D$ ) de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. 214f. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz – Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2004.

SOUSA, José Paulo; BOLGER, Thomas; GAMA, Maria Manuela da; LUKKARI, Tuomas; PONGE, Jean-François; SIMÓN, Carlos; TRASER, Georgy; VANBERGEN, Adam J.; BRENNAN, Aoife; DUBS, Florence; IVISTIS, Eva; KEATING, António; STOFER, Silva; WATT, Allan D. Changes in Collembola richness and diversity along a gradient of land-use intensity: A pan European study. **Pedobiologia, Journal of Soil Ecology**. v. 50, n.2, 2006. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405605001289>> Acesso em: 31 de maio de 2017.

SOUTO, Patrícia. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V. dos; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, n. 01. Viçosa, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100015)> Acesso em: 25 de mar. de 2016.

SWIFT, Michael. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. S.; HUISING, J. O inventário da diversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, Fatima M.S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. 368p.

SWIFT, Michael. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. University of California Press: Berkeley and Los Angeles, 1979. Disponível em: <<http://www.ucpress.edu/op.php?isbn=9780520040014>>. Acesso em: 24 de mar. de 2016.

TAVARES, Sílvio. R. L. **Fitorremediação em solo e água de áreas contaminadas por metais pesados provenientes da disposição de resíduos perigosos**. 2009. 371 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009.

TEIXEIRA, Leopoldo B.; SCHUBART, Herbert O. R. **Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia**. Belém, EMBRAPA, 1988. 16 p. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31980/1/CPATU-BP95.pdf>>. Acesso em: 25 de mar de 2016.

THOMAZINI, Marcílio J.; THOMAZINI, A. P. de B. W. Levantamento de insetos e análise entomofaunística em floresta, capoeira e pastagem no sudoeste acreano. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio Branco: Embrapa, 2002.

TRIPLEHORN, Charles. A.; JOHNSON, Norman. F. **Estudo dos insetos**. Cengage Learning, 2011. 816p.

VENDRAME, Pedro R. S.; MARCHÃO, R. L.; BRITO, O. M.; GUIMARÃES, M. de F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and

magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 44 n. 8, Brasília, 2009. Disponível <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2009000800031](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000800031)>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

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

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A- Divisão da área de estudo e diferenças de vegetação: A = parcela 1 (A1); B = parcela 2 (A2); C = parcela 3 (A3); D = parcela 4 (A4); E = parcela 5 (A5); F = parcela 6 (A6); G = parcela 7, parcela de controle 1 (A7); H = parcela 8, parcela de controle 2 (A8). Marmeleiro – PR.**



**APÊNCIDE B - Análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) para avaliar a contribuição de cada grupo taxonômico na separação das parcelas de estudo avaliadas no município de Marmeleiro – PR.**

Tratamentos	Grupos tax.	Abundância	Contribuição (%)
A1; A4	Collembola	73,50; 186,00	25,98
	Diptera	2,00; 8,25	16,10
	Acari	2,00; 5,75	13,82
A1; A7	Collembola	73,50; 62,50	16,97
	Diptera	2,00; 17,00	16,93
	Coleoptera	2,25; 10,00	15,23
A1; A8	Diptera	2,00; 23,25	18,27
	Orthoptera	0,00; 8,00	17,37
	Hemiptera	0,00; 6,75	15,08
A2; A4	Formicidae	124,75; 17,00	19,81
	Collembola	153,50; 186,00	16,42
	Acari	2,75; 5,75	13,81
A2; A8	Hemiptera	0,00; 6,75	17,99
	Orthoptera	1,00; 8,00	15,04
	Coleoptera	2,25; 11,50	14,29
A3; A4	Collembola	6,00; 186,00	35,77
	Diptera	0,75; 8,25	16,48
	Acari	0,50; 5,75	16,36
A3; A7	Collembola	6,00; 62,50	18,79
	Diptera	0,75; 17,00	16,80
	Formicidae	13,75; 94,50	16,12
A3; A8	Diptera	0,75; 23,25	20,26
	Collembola	6,00; 50,25	15,96
	Coleoptera	0,75; 11,50	14,26
A4; A6	Collembola	186; 1445,00	31,09
	Diptera	8,25; 1,50	15,21
	Acari	5,75; 1,00	13,50
A4; A7	Formicidae	17,00; 94,50	20,35
	Collembola	186,00; 62,50	16,55
	Coleoptera	4,25; 10,00	10,61
A4; A8	Orthoptera	0,50; 8,00	17,82
	Collembola	186,00; 50,25	15,39
	Acari	5,75; 1,00	14,49
A5; A7	Formicidae	6,50; 94,50	21,98
	Collembola	163,25; 62,50	17,20
	Diptera	7,25; 17,00	11,07
A5; A8	Formicidae	6,50; 58,75	17,00
	Collembola	163,25; 50,25	14,59
	Orthoptera	0,00; 8,00	13,31
A6; A7	Collembola	1445,00; 62,50	20,24
	Formicidae	13,00; 94,50	17,21
	Diptera	1,50; 17,00	15,03
A6; A8	Collembola	1445,00; 50,25	17,07
	Diptera	1,50; 23,25	17,06
	Coleoptera	0,75; 11,50	13,50
A7; A8	Hemiptera	0,50; 6,75	18,96
	Acari	4,50; 1,00	14,43
	Orthoptera	2,00; 8,00	13,79

**APÊNDICE C - Identificação de Morfotipo de colêmbolos neste estudo, respectivos scores e características morfológicas.**

Morfotipo		Score	Características morfológicas
Ep1	00000	0	Ocelos presentes; Comprimento da antena > comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e com padrões.
Ep2	00002	2	Ocelos presentes; Comprimento da antena > comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e sem padrões.
Ep3	02000	2	Ocelos presentes; Comprimento da antena > metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e com padrões.
Ep4	02002	4	Ocelos presentes; Comprimento da antena > metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e sem padrões.
Ep5	02200	4	Ocelos presentes; Comprimento da antena > metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e com padrões.
Ep6	02240	8	Ocelos presentes; Comprimento da antena < metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e com padrões.
Ep7	04000	4	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e com padrões.
Ep8	04002	6	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação presente e sem padrões.
Ep9	04004	8	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas presentes; Pigmentação ausente.
Ep10	04040	8	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação ausente.
Ep11	04200	6	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação ausente.
SemiEd1	04242	12	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação presente e sem padrões.
Ed1	04244	14	Ocelos presentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação ausente.
Ed2	44244	18	Ocelos ausentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca presente, mas reduzida; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação ausente.
Ed3	44444	20	Ocelos ausentes; Comprimento das antenas < metade do comprimento do corpo; Furca ausente; Pêlos/escamas ausentes; Pigmentação ausente.

Ep: Epiedáficos; SemiEd: Semi-edáficos; Ed: Eu-edáficos