

## MONITORAMENTO DE ESPÉCIES E MORFO-ESPÉCIES EM SOLOS SUPERFICIAIS DE MATA ATLÂNTICA EM REGENERAÇÃO

**Natália Nunes Patucci**

Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, Pós-Graduação em Geografia Física, São Paulo/SP, Brasil  
[natalia.oliver@usp.br](mailto:natalia.oliver@usp.br)

**Luís Carlos Luñes de Oliveira Filho**

Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Agronomia, Docente do Departamento de Agronomia, Pós-Doutor em Ecologia do Solo, Pelotas, RS, Brasil  
[iunes1981@gmail.com](mailto:iunes1981@gmail.com)

**Carlos Batista da Silva**

Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, Doutor em Geografia Física, São Paulo/SP, Brasil  
[krlosbatist@gmail.com](mailto:krlosbatist@gmail.com)

**Déborah de Oliveira**

Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, Docente do Departamento de Geografia Física, Doutora em Geografia Física, São Paulo/SP, Brasil  
[debolive@usp.br](mailto:debolive@usp.br)

**Dilmar Baretta**

Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Zootecnia, Docente do Departamento de Zootecnia, Pós-Doutor em Indicadores de Qualidade do Solo, Santa Catarina/SC, Brasil  
[dilmarbaretta@gmail.com](mailto:dilmarbaretta@gmail.com)

**Marie Luise Carolina Bartz**

Universidade Positivo, Departamento de Gestão Ambiental, Docente do Departamento de Gestão Ambiental, Pós-Doutora em Taxonomia de Oligoquetas, Curitiba/PR, Brasil  
[bartzmarie@gmail.com](mailto:bartzmarie@gmail.com)

**Antonio Domingos Brescovit**

Universidade de São Paulo, Pesquisador Científico do Instituto Butantan, São Paulo/SP, Brasil  
[antonio.brescovit@butantan.gov.br](mailto:antonio.brescovit@butantan.gov.br)

### RESUMO

A pesquisa monitorou grupos edáficos em solos de fragmentos de Mata Atlântica localizados na cidade de São Paulo. Foram verificadas a diversidade e densidade (Ind.m<sup>-2</sup>) dos espécimes coletados e suas correlações com alternância de ambientes (úmido e seco), profundidade (cm) e atributos químicos como carbono orgânico, K, P, Ca e Al. Delimitou-se aleatoriamente parcelas amostrais de 1,68 ha onde foram coletados: amostras de solo, invertebrados associados a detritosfera e drilosfera e nove monólitos de solo por ambiente pelo método TSBF. Foram identificadas espécies de Oligochaeta e morfo-espécies de Arachnida, Chilopoda, Coleoptera e Diplopoda. A densidade de indivíduos e o índice de diversidade de Shannon (H) foram influenciados pelo ambiente de coleta e profundidade do solo (cm). As análises de ACP apontam correlação positiva entre os grupos com parâmetros químicos, profundidade do solo (cm) e mudança de ambiente. O aumento do teor de carbono orgânico e disponibilidade de macronutrientes favoreceram o aumento de espécimes. Os resultados indicam pela elevada frequência da espécie *P. corenthurus* (Oligochaeta Glossoscolecidae) e a baixa frequência da espécie *Fimoscolex* sp que as áreas têm em seu histórico perturbações ambientais.

**Palavras-chave:** Bioindicadores. Solos Urbanos. Estratificação no Solo. Atributos Químicos.

### MONITORING OF EDAPHIC SPECIES AND MORPHO-SPECIES IN SURFACE SOILS AT ATLANTIC FOREST IN REGENERATION

### ABSTRACT

The research monitored edaphic groups in soil of Atlantic Forest fragments located in the city of São Paulo. The diversity and density (Ind.m<sup>-2</sup>) of the specimens collected

and their correlations with alternation of environments (wet and dry), depth (cm) and chemical attributes such as inorganic carbon, K, P, Ca and Al were verified. Sampling plots of 1.68 ha were randomly delimited where were collected: soil samples, invertebrates associated with detritosphere and drilosphere and nine soil monoliths per environment using the TSBF method. Oligochaeta species and Arachnida, Chilopoda, Coleoptera and Diplopoda morpho-species were identified. The density of individuals and the diversity index of Shannon (H) were affected, mainly by the collect environment and soil depth (cm). PCA analysis shows a positive correlation between some species and morpho-species with chemical parameters, soil depth (cm) and change of environment. The increase of the content of organic carbon and high availability of macronutrients favored the increase of specimens. The results indicate the high frequency of the species *P. corenthurus* (Oligochaeta Glossoscolecidae) and the low frequency of the species *Fimoscolex* sp, that the areas have in their historical environmental disturbances.

**Keywords:** Bioindicators. Urban Soils. Soil Stratification. Chemical Attributes.

## INTRODUÇÃO

A diversidade de organismos invertebrados que habitam a superfície dos solos é elevada. O funcionamento das camadas superficiais dos solos está diretamente relacionado aos serviços ecossistêmicos desenvolvidos por ações da macro, meso e microfauna. A diversidade de grupos e populações influenciam nos processos físicos, químicos e biológicos do solo (BLAIR et al., 1994), como por exemplo, na ciclagem e disponibilidade de macronutrientes como o N, Ca, K, Mg, decomposição e mineralização de resíduos orgânicos (BROWN e SAUTTER, 2009). Diferentes coberturas vegetais também promovem a diversidade dos grupos de pedofauna uma vez que a composição do dossel e os ciclos de vida das plantas determinam a composição, qualidade e o montante de serapilheira mantida na superfície do solo (ANTONIOLLI et al., 2006).

Brown et al. (2001;2015) classificam os serviços ecossistêmicos desempenhados pelos invertebrados do solo em seis grandes grupos ecológicos, sendo eles: geófagos (1), oligochaetas e isópteras, que ingerem solos, geralmente as partes com maior concentração de matéria orgânica humificada; detritívoros (2), coleópteras, oligochaetas e diplopodas que são decompositores ou desintegradores, se alimentam de material vegetal ou animal em decomposição; rizófagos e fitófagos (3), coleópteras, que se alimentam de plantas vivas, folhas, raízes e troncos; predadores (4), coleópteras, chilopodas, aranaes e opiliones; onívoros (5), oligochaetas, que ingerem alimentos de origem animal e vegetal e os parasitas (6). Esses invertebrados misturam e ingerem compostos minerais e orgânicos de forma que a matéria orgânica presente nas estruturas é novamente anexada no sistema biopedológico na presença de argilo-minerais e elevada atividade microbiana (LAVELLE et al., 2006).

Os serviços ecossistêmicos realizados pelos invertebrados do solo estão diretamente relacionados à qualidade e quantidade de serapilheira, às características químicas (pH e carbono orgânico), diferenças de granulometrias e classes de solo, ao microclima do solo (°C e umidade) e a disponibilidade de alimento, parâmetros que respondem à abundância e diversidade dos invertebrados (PATUCCI et al., 2017). Especialmente as minhocas, quilópodes, diplópodes e coleópteros (famílias Carabidae e Staphylinidae) produzem estruturas pedogênicas, galerias e túneis, redistribuem material orgânico e mineral, modificam porosidade e auxiliam na descompactação e aeração do solo (PATUCCI, 2015). Exemplares de besouros (Coleoptera) das famílias Scarabeidae e Staphylinidae, ao apresentarem hábito escavatório, saprófago e fitófago, auxiliam na mistura de materiais orgânicos e minerais, assim como na diminuição da quantidade de resíduos de origem animal e vegetal, favorecendo a concentração de matéria orgânica (HORGAN, 2001).

As minhocas estão dentre os organismos com maior importância ecopedológica (BARTZ et al., 2009b). Elas auxiliam na locomoção de outros indivíduos da fauna devido ao seu hábito escavatório,

ingerem tanto compostos orgânicos quanto material mineral e funcionam como bioindicadoras de qualidade do solo (BROWN e DOMINGUEZ, 2010). Os diplópodes segundo Brown et al. (2001; 2015) se alimentam de fragmentos orgânicos (vegetação e madeiras) em estado de decomposição, sendo descritos ecologicamente, portanto, como detritívoros e fungívoros; desempenham importante função como agentes de decomposição de matéria orgânica. Os chilopodas são predadores e alimentam-se de larvas de besouros e minhocas, mas podem casualmente alterar seu perfil ecológico tornando-se detritívoros (BROWN et al., 2001; 2015), situação onde se alimentam de material orgânico em decomposição (BUENO-VILLEGAS, 2003). As aranhas também são um grupo importante da macrofauna, predadoras, regulam as populações de nichos inferiores, além de serem consideradas como indicadoras de qualidade ambiental, uma vez que indicam o grau de intervenção antrópica do ambiente e alterações do microclima (BARETTA et al., 2007<sub>b</sub>).

Os grupos de organismos que compõem a fauna edáfica são sensíveis às modificações climáticas, físicas, químicas, biológicas e antrópicas, sendo as alterações naturais ou provocadas, hábito que faz com que sejam considerados indicadores de qualidade, de degradação ou recuperação ambiental dos mais variados ecossistemas (BARETTA et al., 2006; LAVELLE et al., 2006; SOUTO, 2012). O termo bioindicador vem sendo usado para avaliar condições de alteração de habitat, contaminação, biodiversidade e mudanças climáticas (WINK et al., 2005). As populações respondem de formas diferenciadas às alterações do meio, e por isso é fundamental a avaliação dos parâmetros ambientais em conjunto com os serviços ecossistêmicos desempenhados pelos organismos (ESPÍRITO SANTO FILHO, 2005). A utilização de bioindicadores com o objetivo de evidenciar cenários e mudanças ambientais vem crescendo a nível mundial, entretanto ainda se conhece pouco sobre as correlações entre serviços ecossistêmicos realizadas pelos invertebrados edáficos, sua adaptabilidade no habitat e, sobretudo, o papel físico de suas respostas ao meio (BARETTA et al., 2011), especialmente em fragmentos florestais urbanos.

Os fragmentos florestais de Mata Atlântica avaliados se encontram em estágio de regeneração e tem em seu histórico de manejo e ocupação amplos períodos de intervenção antrópica desde o início do século XIX. A manutenção e conservação desses fragmentos urbanos são muito importantes, uma vez que essa medida contribui diretamente com preservação da biodiversidade e dos mais diversos tipos de serviços ecossistêmicos, minimizando os efeitos da poluição do ar e das ilhas de calor (BARBOSA et al., 2002). A verificação de quais espécies e morfo-espécies estão adaptadas aos solos de ambientes em regeneração é de grande valia, uma vez que a ausência ou presença de organismos pode corroborar com a identificação das condições ambientais e processos ecossistêmicos presentes, que estão acontecendo dentro do solo e externamente. O uso dos indicadores biológicos para o monitoramento de solos de fragmentos florestais de Mata Atlântica urbanos em regeneração evidencia a importância do presente estudo.

## METODOLOGIA

Os fragmentos florestais de Mata Atlântica urbanos estudados localizam-se nos parques Cantareira, Jaraguá e Cientec-USP. Apresentam cobertura de matas secundárias em estado de regeneração e histórico semelhante quanto ao manejo e altimetria, sendo considerados trépicas ambientais verdadeiras (n = 3). O clima é Cwb segundo a classificação de Koppen, temperado com regimes de chuvas no verão e inverno seco, com temperaturas variando de 18 °C a 22 °C.

Para a confecção da parcela amostral delimitou-se nos três parques (Cantareira, Jaraguá e Cientec-USP), uma área fixa de 1,68 ha, sendo essa demarcação estabelecida em cotas altimétricas aproximadas (entre 780 m e 860 m) e em dois ambientes físicos diferentes, próximo a canais de drenagem (áreas úmidas) e em áreas secas com serapilheira. Foram estabelecidas aleatoriamente duas parcelas por ambiente em cada parque. As coletas ocorreram de forma concentrada entre o final do inverno e início da primavera (18/09/2014 até 03/10/2014). Em cada ambiente (seco e úmido) nos três locais foram amostrados 09 pontos de coleta, totalizando 54 monólitos. As coletas dos monólitos ocorreram, a 30 metros de distância frontal e lateral, respeitando área de bordadura de 20 m, para evitar a auto correlação entre os pontos.

A técnica utilizada para coleta dos organismos edáficos foi o TSBF (*Tropical Soil Biology and Fertility Method*), descrito por Anderson e Ingram (1993) e Aquino (2001). Nesta metodologia a confecção de monólitos deve ter a dimensão de 25x25x30 cm, onde a remoção do solo deve ser feita em fatias, iniciando na serapilheira e depois nos intervalos de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. A técnica foi adaptada devido à grande quantidade de raízes superficiais encontradas, o que resultou na alteração das dimensões para 30x30x30 cm. No método TSBF a abundância dos organismos é apresentada em indivíduos por m<sup>2</sup> (ind. m<sup>-2</sup>), o que significa que a área original de cada TSBF (0,09 m<sup>2</sup>) foi calculada proporcionalmente para 1 m<sup>2</sup> (unidade padrão utilizada). A unidade ind. m<sup>-2</sup> equivaleu para todos os organismos coletados. Também foram coletadas 108 amostras de solo analisadas a posteriori no Laboratório de Solos da ESALQ/USP a fim de se averiguar os seguintes parâmetros: P(mg.Kg.<sup>-1</sup>), K(mmolc.Kg<sup>-1</sup>), Ca(mmolc.Kg<sup>-1</sup>), Mg(mmolc.Kg<sup>-1</sup>), Al(mmolc.Kg<sup>-1</sup>) e carbono orgânico(g.Kg.<sup>-1</sup>).

Os espécimes de Annelida, Arachnida, Chilopoda, Coleoptera e Diplopoda foram identificados e contabilizados. As observações gerais para avaliação da taxonomia foram realizadas com auxílio de microscópio estereoscópio (lupa), enquanto que as estruturas mais particulares necessitaram de um microscópio óptico. Os organismos foram separados e agrupados pelos táxons e grandes grupos. Quando possível, foram identificados ao nível de famílias, tribos ou espécies com auxílio de chaves dicotômicas e/ou caracterizações contidas na literatura taxonômica (BRESCOVIT et al., 2007; KIREJTSHUK, 2008, BARTZ, 2011 ; VAZ-DE-MELLO et al., 2011; CASARI e IDE, 2012; BARTZ et al., 2015). Para todos os indivíduos que não puderam ser identificados ao nível de espécie foram atribuídos indicadores morfológicos temporários ("sp 1") devido às incertezas na nomenclatura, e dessa forma, os mesmos foram apresentados como morfo-espécies.

A diversidade foi expressa pelo índice de diversidade de Shannon (H) [ $H = -\sum (p_i \log p_i)$ , onde  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$  = densidade de cada família,  $N$  = número total de famílias] e pela riqueza de famílias, de acordo com Odum (1983). Por fim, antes da análise estatística multivariada, os dados (sem outliers) foram transformados ( $\sqrt{x + 1}$ ), quando necessário, para atender as exigências da análise de variância (ANOVA; distribuição normal e homocedasticidade de variâncias de erro). ANOVA de efeitos principais foi utilizada para comparar a abundância, riqueza e índice de Shannon (H) entre os diferentes ambientes, usando *Software* Statistica 7.0 (StatSoft, 2004). Médias apresentadas foram calculadas utilizando dados não transformados ( $\pm$  desvio padrão).

A abundância dos organismos em cada grupo de fauna do solo por profundidade em ambiente seco e úmido foi utilizada para obter o comprimento do gradiente em uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA). Considerando que este comprimento foi inferior a três (< 3) e que apresentou resposta linear, optou-se pela Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP foi utilizada neste estudo com o objetivo de identificar padrões principais dos atributos ambientais para mudanças em grupos de fauna do solo. O teste de Monte Carlo ( $P < 0.10$ ) foi usado para validação das séries temporais previamente analisados com o auxílio da ACP. A seleção do corte de  $P < 0.10$  foi feita para superestimar a formação de grupos com representatividade física de interferência dentro dos ambientes. A densidade de organismos foi submetida à Análise de Similaridade (SIMPER) para avaliar quais organismos contribuíram para a dissimilaridade observada entre o ambiente seco e úmido. Os grupos apresentados são os que contribuíram acima de 10%. A análise SIMPER foi realizada no *software* PRIMER 6.0 (CLARKE e GORLEY, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No inventário das populações contendo as espécies e morfo-espécies adaptadas aos fragmentos urbanos de Mata Atlântica em regeneração, considerando todas as áreas, ambientes de coleta e profundidades do solo (cm), foram encontrados e identificados os seguintes grupos edáficos (Tabela 1): Annelida com 83% de abundância seguida por Diplopoda (13%), Coleoptera (2,3%), Chilopoda (1,4%) e Arachnida (0,5%). Annelida e Diplopoda compuseram 96% do total coletado. No total, foram coletados 432 indivíduos (4795 ind. m<sup>-2</sup>), dos quais 227 (2520 ind.m<sup>-2</sup>) em ambiente seco e 205 (2275 ind.m<sup>-2</sup>) em ambiente úmido, independente das profundidades de coleta. Observando-se os valores totais, ocorreu a redução de 10% do número de indivíduos por m<sup>-2</sup> nos monólitos coletados no ambiente úmido o que significa que a umidade do solo e a diminuição da serapilheira atuaram diretamente no detrimento das populações devido ao encharcamento do solo e diminuição do acúmulo de material orgânico (PATUCCI, 2015; PATUCCI et al., 2017).

Ao considerar o efeito da profundidade do solo em ambiente seco, a camada 0-10 cm totalizou 1332 ind. m<sup>-2</sup> enquanto que a segunda apresentou 988 ind. m<sup>-2</sup> e a terceira 200 ind. m<sup>-2</sup>, significando uma redução de 26% e 85% nas segunda e terceira camadas respectivamente, em relação à primeira. Em ambiente úmido, a camada a camada 0-10 cm totalizou 1221 ind. m<sup>-2</sup> enquanto que a segunda apresentou 644 ind. m<sup>-2</sup> e a terceira apresentou 410 ind. m<sup>-2</sup>, significando uma redução de 47% e 66% nas segundas e terceiras camadas em relação à primeira. Em ambiente úmido ocorreu à redução de ind.m<sup>2</sup>, especialmente 8% na profundidade 0-10 cm e 35% na profundidade 10-20 cm. Entretanto, na profundidade 20-30 cm ocorreu o aumento de 105% devido especificamente à grande quantidade de indivíduos *P. corenthurus* coletados. Nos dois ambientes a maior abundância de ind.m<sup>2</sup> ocorreu entre 0-20 cm de solo (BARETTA et al., 2005; PATUCCI, 2015; PATUCCI et al., 2017). Observando os dados é possível inferir que a umidade do solo e o efeito da profundidade funcionaram como fatores inibidores da abundância, manutenção e adaptação dos grupos de fauna edáfica, independente dos ambientes de coleta.

**Tabela 1** – Morfo-espécies e Espécies de fauna do solo em ambiente seco e úmido coletados pelo método TSBF (ind.m<sup>-2</sup>) nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Grupo	Morfo- espécies/Espécies	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
		0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
<b>Annelida</b>	<i>Amyntas gracilis</i>	-( <sup>1</sup> )	11	-	-	-	-
	<i>Fimoscolex</i> sp. 1	11	-	-	-	-	-
	Megascolecidae	11	44	-	67	-	11
	<i>Metaphire californica</i>	-	11	-	11	-	11
	<i>Ponstoscolex corenthurus</i>	1.089	833	955	411	200	321
<b>Arachnida</b>	<i>Idiops</i> sp. 1	11	-	-	-	-	-
	<i>Rachias</i> sp. 1	-	-	11	-	-	-
<b>Chilopoda</b>	<i>Aphilodon</i> sp. 1	22	-	11	-	-	11
	<i>Cryptops</i> sp. 1	-	-	11	-	-	-
	<i>Schendylops</i> sp. 1	11	-	-	-	-	-
<b>Coleoptera</b>	<i>Cathidium</i> sp. 1	-	11	-	-	-	-
	<i>Chrysomelidae</i> sp. 2	11	-	-	-	-	-
	<i>Hybosoridae</i> sp. 1	-	11	-	-	-	-
	<i>Leucothyreus</i> sp. 1	44	-	-	-	-	-
	<i>Pyrophorini</i> sp. 1	-	-	-	11	-	-
	<i>Sericini</i> sp. 1	-	11	-	-	-	-
	<i>Staphylinidae</i> sp. 17	11	-	-	-	-	-
<b>Diplopoda</b>	<i>Leptodesmus</i> sp. 1	111	289	-	144	-	56
<b>Densidade de Espécimes (m<sup>-2</sup>)</b>		1.332	1.221	989	644	200	410
<b>Desvio Padrão (±)</b>		444 ±	407 ±	330 ±	215 ±	67 ±	137 ±
		114	154	19	65	36	84
<b>Riqueza Total dos Táxons por Ambiente e Profundidade</b>		10	8	4	5	1	5
<b>Desvio Padrão (±)</b>		4.3 ± 1.5	3.7 ± 0.7	2.0 ± 0.6	2.3 ± 0.9	0.7 ± 0.3	2.3 ± 0.9
<b>Índice de Diversidade de Shannon (H)</b>		0,59	0,63	0,15	0,47	0,00	0,49
<b>(± Desvio Padrão)</b>							

(<sup>1</sup>)Ausência de Espécimes

Fonte – AUTORES (2018).

Quando os dados de abundância são analisados por grupos e profundidade do solo independente do ambiente, temos para Annelida 2010 ind.m<sup>-2</sup> na camada de 0-10 cm, 1444 ind.m<sup>-2</sup> na camada 10-20 cm e 543 ind.m<sup>-2</sup> na camada 20-30 cm, o que implica uma redução de 28% dos valores totais na segunda camada e 73% dos valores na terceira camada, se comparados com os totais da primeira. A análise do grupo Annelida por ambiente apontou 2266 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 1731 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido, apresentando uma redução de 31 % Ind.m<sup>2</sup> no ambiente úmido. O grupo Annelida está classificado em uma família (Megascolecidae), uma morfo-espécie (Fimoscolex sp.1) e três espécies (*Amyntas gracilis*, *Metaphire californica* e *Pontoscolex corenthurus*).

Para o grupo Arachnida foram coletados 11 ind.m<sup>-2</sup> nas primeiras camadas e nenhum indivíduo na camada 20-30cm. A análise por ambiente indicou 22 Ind.m<sup>2</sup> coletados somente em ambiente seco. Duas morfo-espécies foram identificadas (Idiops sp.1 e Rachias sp.1). O grupo Chilopoda apresentou 33 ind.m<sup>-2</sup> na camada 0-10 cm, 22 ind.m<sup>-2</sup> na camada 10-20 cm e 11 ind.m<sup>-2</sup> na camada 20-30 cm, resultando numa diminuição de 33% de ind.m<sup>-2</sup> na segunda camada e 67% de ind.m<sup>-2</sup> na terceira camada, em comparação com a primeira. A análise do grupo Chilopoda por ambiente exibe 55 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 11 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido mostrando uma redução de 80 % de Ind.m<sup>2</sup> no ambiente úmido. Três morfo-espécies foram coletadas (Aphilodon sp. 1, Cryptops sp. 1 e Schendylops sp. 1).

O grupo Coleoptera totalizou 99 ind.m<sup>-2</sup> na camada 0-10 cm, 44 ind.m<sup>-2</sup> na camada 10-20 cm e 11 ind.m<sup>-2</sup> na camada 20-30 cm o que significa uma redução de 56% de ind.m<sup>-2</sup> na segunda camada e 89% na terceira camada, em relação à primeira. A avaliação do grupo Coleoptera por ambiente demonstra 66 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 44 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido, sinalizando redução de 33 % Ind.m<sup>2</sup> no ambiente úmido. Os Coleoptera foram subdivididos em sete morfo-espécies (Cathidium sp. 1, Chrysomelidae sp. 2, Hybosoridae sp. 1, Leucothyreus sp. 1, Pyrophorini sp. 1, Sericini sp. 1 e Staphylinidae sp. 17). O grupo Diplopoda atingiu 400 ind.m<sup>-2</sup> na primeira camada, 144 ind.m<sup>-2</sup> na segunda camada e 56 ind.m<sup>-2</sup> na terceira camada, com redução de 64% na segunda e 86% na terceira. A análise do grupo Diplopoda por ambiente apontou 111 Ind.m<sup>2</sup> no ambiente seco e 489 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido, apresentando um aumento de 341 % na quantidade de Ind.m<sup>2</sup> coletados no ambiente úmido. Diplopoda apresentou somente uma morfo-espécie (Leptodesmus sp. 1).

Em relação às adaptações frente aos habitats, oito morfo-espécies foram coletadas somente em ambiente seco (Fimoscolex sp. 1, Idiops sp. 1, Rachias sp. 1, Cryptops sp. 1, Schendylops sp. 1, Chrysomelidae sp. 2, Leucothyreus sp. 1, Staphylinidae sp. 17) e seis táxons, incluindo duas espécies (*Amyntas gracilis*, *Metaphire californica*) e quatro morfo-espécies Cathidium sp. 1, Hybosoridae sp. 1, Pyrophorini sp. 1, Sericini sp. 1) em ambiente úmido. Dez táxons foram encontrados apenas na camada de 0-10 cm, incluindo duas espécies (*Amyntas gracilis*, *Fimoscolex* sp. 1) e oito morfo-espécies (Idiops sp. 1, Schendylops sp. 1, Cathidium sp. 1, Chrysomelidae sp. 2, Hybosoridae sp. 1, Leucothyreus sp. 1, Sericini sp. 1, Staphylinidae sp. 17). Somente três morfo-espécies (Rachias sp. 1, Cryptops sp. 1, Pyrophorini sp. 1) foram encontradas na camada 10-20 cm. Não foi exclusivamente encontrada nenhuma espécie ou morfo-espécie na camada de 20-30 cm.

Nunes et al. 2009, Fernandes et al. (2011), Simpson et al. (2012), Patucci (2015) e Patucci et al. (2017) mencionam a grande sensibilidade da maior parte dos organismos edáficos às condições microclimáticas, indicando que o aumento ou diminuição da frequência de algumas espécies, famílias e morfo-espécies ocorrem frente à alteração de habitat (ambiente seco e úmido), precipitação (mm) e outras características climatológicas das estações do ano. Holmstrup et al. (2012) citam que as populações edáficas respondem principalmente à influência da umidade do solo, dentre outros fatores. Esses seriam então os principais elementos que influenciam diretamente a densidade e adaptação de populações edáficas, relações que se verificaram positivas nesse presente estudo.

Em relação à adaptação frente à estratificação no solo (profundidade em cm) é possível estabelecer uma correlação direta entre classe de solo, granulometria, variação de temperatura (°C), tipo da cobertura vegetal da superfície do solo, aporte e qualidade de serapilheira e frequência de exemplares, onde quanto maior a profundidade, menor a disponibilidade de alimento e a

temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ), o que conseqüentemente diminuiria a incidência dos grupos (PATUCCI, 2015; PATUCCI et al.; 2017). Os organismos foram encontrados em maior frequência nos primeiros 20 cm de profundidade do solo, região onde ocorrem os índices mais elevados de amplitude térmica, o que demonstra a adaptabilidade da fauna em especial do grupo Annelida, frente às oscilações temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) atributo que provavelmente influencia a distribuição vertical do solo, hábito alimentar e dinâmica de bioturbação (PATUCCI, 2015; PATUCCI et al.; 2017).

Não foram encontradas diferenças entre os ambientes para a riqueza média de táxons. O índice de diversidade de Shannon (H) foi maior nos ambientes úmidos em relação aos secos, nas três camadas coletadas, o que significa que a diversidade, riqueza e adaptação dos espécimes coletados estão respondendo aos ambientes com maior umidade. O índice H frequentemente é mencionado como um indicativo de diferenciação entre os ambientes (ODUM, 1983), o que pode ser observado pela diferença nos valores entre os ambientes. Porém, podem ocorrer contrariedades na interpretação do índice de diversidade (H), pois, em algumas circunstâncias, o valor de H pode aumentar após moderada perturbação no ambiente (SCOTT et al.; 2006). Independente do ambiente, os maiores índices H estão ocorrendo na camada 0-10 cm, que também demonstrou maior abundância de indivíduos ( $2553 \text{ Ind.m}^{-2}$ ). Esse resultado pode sugerir que a primeira camada do solo responda mais rapidamente às alterações físicas, químicas e climáticas que acontecem no ambiente, promovendo assim condições mais adequadas para as espécies e morfo-espécies em termos de alimentação e habitat.

O espécime mais difundido e abundante nos três parques, independente do ambiente e camada de coleta, foi a espécie *P. corenthurus* (Tabela 1). É importante ressaltar que *P. corenthurus* foi o único táxon encontrado na camada de 20-30 cm em ambiente seco. Os organismos mais abundantes foram *P. corenthurus* ( $3809 \text{ ind. m}^{-2}$ ) do grupo Annelida, *Leptodesmus* sp. 1 ( $600 \text{ ind. m}^{-2}$ ) morfo-espécie do grupo Diplopoda, Megascolecidae ( $133 \text{ ind. m}^{-2}$ ) família do grupo Annelida, *Aphilodon* sp. 1 morfo-espécie do grupo Chilopoda, *Leucothyreus* sp. 1 ( $44 \text{ ind. m}^{-2}$ ) morfo-espécie do grupo Coleoptera, *Metaphire californica* ( $33 \text{ ind. m}^{-2}$ ) espécie do grupo Annelida e os demais táxons em menor densidade com  $11 \text{ ind. m}^{-2}$ , independente de ambiente e camada de coleta.

A espécie *P. corenthurus* também conhecida como minhoca-mansa (BROWN e JAMES, 2007) é endogêica, vive entre 0 e 40 cm de profundidade do solo, geófaga uma vez que se alimenta de solos e engenheira do ecossistema porque constrói galerias (BROWN e JAMES, 2007; STEFFEN, 2012). Essa espécie apresentou a maior abundância dentre todos os organismos, ambientes e profundidades, o que pode ser explicado segundo Brown et al. (2006) pela sua elevada capacidade de disseminação, o que faz com que seja considerada uma espécie nativa peregrina. Já a eficiência da espécie em colonizar diferentes habitats de seu natural, a caracteriza como invasora (BROWN et al., 2006). Silva e Castro (2009) explicam a competência de *P. corenthurus* em termos de disseminação e colonização devido sua adequação às diferentes condições de saturação do solo ou escassez de umidade no solo.

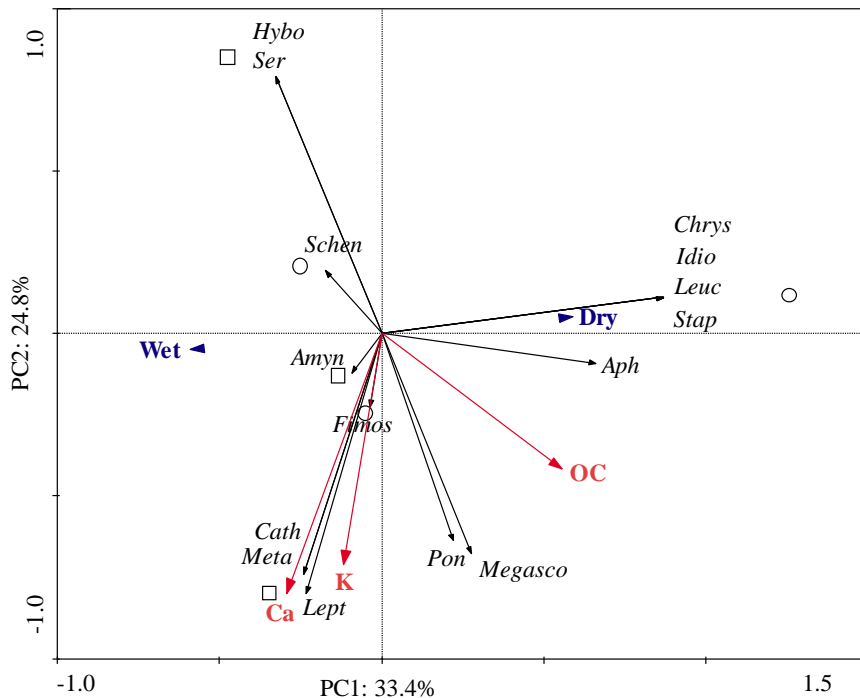
Patucci (2015) e Patucci et al. (2017) relacionam a sua elevada disseminação devido habituação da espécie às oscilações de temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) que naturalmente ocorrem no seu habitat, em especial nas camadas superficiais do solo. Buch e Brown (2010) citam que a disponibilidade de alimento influencia ou limita a sobrevivência da espécie. Estudos de Brown et al. (2006), Silva e Castro (2009), Steffen (2012) e Patucci et al (2017) indicam que a espécie é encontrada em ambientes que sofrem ou sofreram no passado adaptações devido a perturbações ambientais, como por exemplo o desmatamento ou manejo inadequados. A resposta da espécie a esse conjunto de fatores faz com que ela possa ser considerada um bioindicador explorador (SPELLERBERG, 1991), pois sua presença e adaptação indicam algum tipo de distúrbio ambiental.

As análises multivariadas são frequentemente utilizadas, pois conseguem avaliar múltiplos atributos do solo de forma simultânea (BARETTA, 2007). Quando as correlações precisam ser estudadas de forma concomitante com muitas variáveis, por exemplo, o grande número de indivíduos (grupos, espécies e morfo-espécies) em relação aos diferentes ambientes de coleta e profundidades do solo (cm), ocorre a necessidade do uso dessa técnica que elimina variáveis pouco relacionadas ao problema do estudo (BARETTA, 2007).

A ACP revelou a estrutura interna e a correlação entre os dados, ou seja, é possível explicar com mais assertividade a variância entre os dados. Informações de múltiplas variáveis são condensadas em um conjunto menor de variáveis estatísticas para que as informações não se percam, esse é o seu principal objetivo (BARETTA, 2007). No caso do presente estudo, a ACP comprovou separação entre os ambientes úmido e seco nas três camadas avaliadas. A análise confirmou através da relação entre o componente principal 1 (CP 1) e o componente principal 2 (CP 2) uma separação dos ambientes na camada de 0-10 cm (Figura 1), em que a variabilidade nos dados explicados foi de 33.4% para CP 1 e 24.8% para CP 2.

Na camada de 0-10 cm (Figura 1), o ambiente seco foi mais associado às morfo-espécies *Chrysomelidae* sp. 2, *Leucothyreus* sp. 1 e *Staphylinidae* sp. 17 do grupo Coleoptera, *Idiops* sp. 1, do grupo Arachnida, *Aphilodon* sp. 1 do grupo Chilopoda e em menor intensidade a espécie *Ponstoscolex corenthurus* e família Megascolecidae do grupo Annelida, especialmente devido a maior teor de carbono orgânico. Por outro lado, o ambiente úmido ficou associado às espécies *Amyntas gracilis*, *Metaphire californica* e *Fimoscolex* sp. 1, do grupo Annelida e as morfo-espécies *Cathidium* sp. 1 do grupo Coleoptera e *Leptodesmus* sp. 1 do grupo Diplopoda, devido aos maiores teores de Ca e K. As morfo-espécies *Schendylops* sp. 1 do grupo Chilopoda, *Hybosoridae* sp. 1 e *Sericini* sp. 1 do grupo Coleoptera, também associadas ao ambiente úmido, não apresentaram correlação com atributos químicos. Com uma dissimilaridade média de 41,41% entre ambientes, a morfo-espécie *Leptodesmus* sp. 1 do grupo Diplopoda e família Megascolecidae do grupo Annelida, foram os que mais contribuíram para a separação com 17,44 e 10,26%, respectivamente.

**Figura 1** – Relação entre a principal componente 1 (CP 1) e a principal componente 2 (CP 2), considerando ambiente seco e úmido (azul) de fragmentos florestais urbanos na camada de 0-10, a fauna do solo (itálico) e as variáveis ambientais explicativas selecionadas (vermelho). Símbolos: círculos correspondem ao ambiente seco e quadrados correspondem ao ambiente úmido; OC: carbono orgânico; Ca: cálcio; K: potássio. **Annelida:** *Amyntas gracilis* (Amynt); *Fimoscolex* sp. 1 (Fimos); *Megascolecidae* (Megasco); *Metaphire californica* (Meta); *Ponstoscolex corenthurus* (Pon); **Arachnida:** *Idiops* sp. 1 (Idio); **Chilopoda:** *Aphilodon* sp. 1 (Aph); *Schendylops* sp. 1 (Schen); **Coleoptera:** *Cathidium* sp. 1 (Cath); *Chrysomelidae* sp. 2 (Chrys); *Hybosoridae* sp. 1 (Hybo); *Leucothyreus* sp. 1 (Leuc); *Sericini* sp. 1 (Ser); *Staphylinidae* sp. 17 (Stap); **Diplopoda:** *Leptodesmus* sp. 1 (Lept).

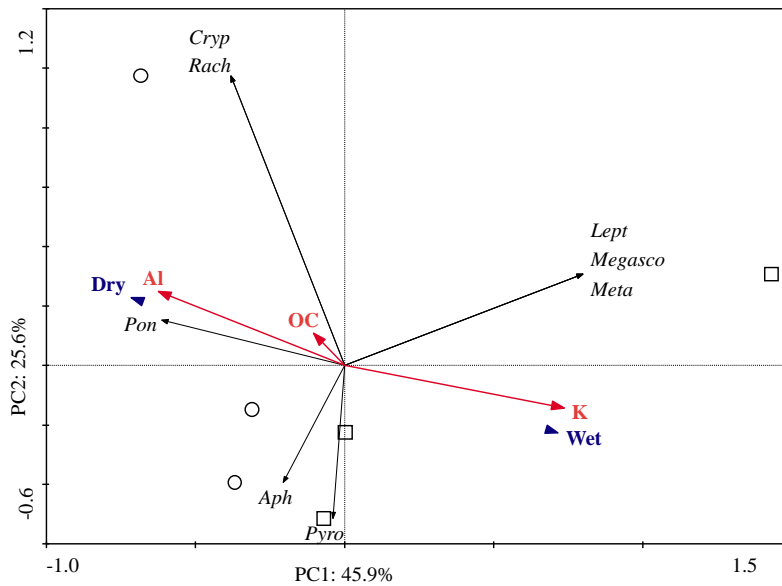


Fonte – AUTORES (2018)



A ACP demonstrou através da relação entre o CP 1 e o CP 2 uma separação dos ambientes (Figura 2), em que a variabilidade nos dados explicados foi de 45.9% para CP 1 e 25.6% para CP 2. Na camada de 10-20 cm (Figura 2), o ambiente seco foi mais associado com a maioria dos grupos e especialmente à espécie *P. corenthurus* do grupo Annelida, à morfo-espécie *Rachias* sp. 1 do grupo Arachnida, *Cryptops* sp. 1 e *Aphilodon* sp. 1 do grupo Chilopoda e *Pyrophorini* sp. 1 do grupo Coleoptera, devido aos maiores teores de Al e OC. Já o ambiente úmido ficou associado às morfo-espécies *Leptodesmus* sp. 1 do grupo Diplopoda, à família Megascolecidae e espécie *M. californica* do grupo Annelida, devido ao maior teor de K. Com uma dissimilaridade média de 33,51% entre ambientes, as morfo-espécies de *Leptodesmus* sp. 1 do grupo Diplopoda (20,99%), Megascolecidae (16,83%) família do grupo Annelida, *Pyrophorini* sp. 1 (16,08%) morfo-espécie do grupo Coleoptera, *Aphilodon* sp. 1 (11,50%) morfo-espécie do grupo Chilopoda, *Rachias* sp. 1 e *Cryptops* sp. 1 morfo-espécies do grupo Arachnida, ambos com 10,25%, foram os que mais contribuíram para a separação.

**Figura 2** – Relação entre a principal componente 1 (CP 1) e a principal componente 2 (CP 2), considerando ambiente seco e úmido (azul) de fragmentos florestais urbanos na camada de 10-20 cm, a fauna do solo (itálico) e as variáveis ambientais explicativas selecionadas (vermelho). Símbolos: círculos correspondem ao ambiente seco e quadrados correspondem ao ambiente úmido; OC: carbono orgânico; Al: alumínio; K: potássio. **Annelida:** *Megascolecidae* (Megasco); *Metaphire californica* (Meta); *Ponstoscolex corenthurus* (Pon); **Arachnida:** *Rachias* sp. 1 (Rach); **Chilopoda:** *Aphilodon* sp. 1 (Aph); *Cryptops* sp. 1 (Cryp); **Coleoptera:** *Pyrophorini* sp. 1 (Pyro); **Diplopoda:** *Leptodesmus* sp. 1 (Lept).



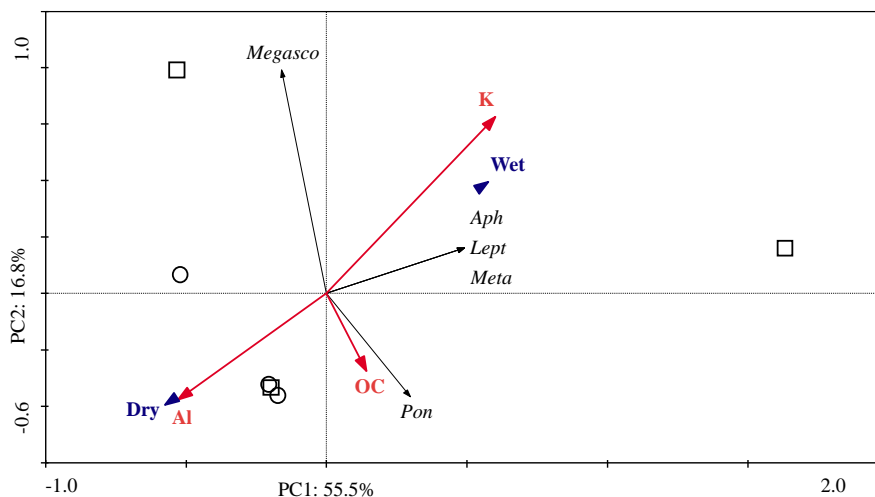
Fonte – AUTORES (2018)

A ACP constatou pela relação entre o CP 1 e o CP 2 uma separação dos ambientes (Figura 3), em que a variabilidade nos dados explicados foi de 55.5% para CP 1 e 16.8% para CP 2. Na camada de 20-30 cm (Figura 3), o ambiente seco não apresentou associação com as morfo-espécies e espécies. Já o ambiente úmido ficou associado à morfo-espécie *Aphilodon* sp. 1 do grupo Chilopoda, *Leptodesmus* sp. 1 do grupo Diplopoda, espécie *M. californica* e família Megascolecidae do grupo Annelida devido ao maior teor de K. *P. corenthurus* não demonstra associação com os ambientes, embora apresente correlação com o teor de carbono orgânico. Com uma dissimilaridade média de 39,64% entre ambientes, a família Megascolecidae (39,70%) do grupo Annelida, a morfo-espécie *Leptodesmus* sp. 1 (25,01%) do grupo Diplopoda, a espécie *M. californica* do grupo Annelida e a morfo-espécie *Aphilodon* sp. 1, com 12,97% do grupo Chilopoda, foram os que mais contribuíram para a separação.

De maneira geral, evidenciou-se por meio da relação entre componentes principais 1 (CP 1) e 2 (CP 2) que a biodisponibilidade de macronutrientes e a presença ou ausência de espécies e morfo-espécies respondem à alteração de ambiente (úmido e seco) e mudança na profundidade do solo (cm). No caso do ambiente úmido existe a presença de canal de drenagem na parcela amostral e no ambiente seco ocorre a maior quantidade de serapilheira acumulada nas camadas superficiais dos solos da parcela amostral. A primeira camada (0-10 cm) apresentou um total de 1332 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 1221 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido, enquanto que a segunda camada (10-20cm) apresentou 988 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 644 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido e a terceira camada (20-30cm) apresentou 200 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente seco e 410 Ind.m<sup>2</sup> em ambiente úmido.

As figuras com os gráficos das ACP demonstram o aumento da ocorrência de indivíduos na primeira camada de solo (0-10 cm), em ambos ambientes, mas mais concentrado no ambiente seco. O ambiente úmido e o aumento da profundidade do solo (cm) reduziram a ocorrência de indivíduos, provocada muito provavelmente pela diminuição da oferta de alimentos e variação da temperatura de solo (°C) nesse ambiente (PATUCCI, 2015; PATUCCI et al.; 2017). Os nutrientes Potássio (K) e Cálcio (Ca) apresentaram correlação positiva com ambiente úmido, dinâmica explicada pela mobilidade e solubilidade desses nutrientes no solo, do balanço de ganhos e perdas de cátions em relação às cargas existentes no solo e também do acúmulo, decomposição e inserção da serapilheira. Ou seja, em ambiente frequentemente úmido e redutor, com elevada percolação de água, esses cátions estão sendo lixiviados. Os solos dos monólitos analisados apresentaram pH ácido, variando entre 3,5 e 4,0, o que explica a presença de alumínio (Al). O pH e a constituição mineralógica dos solos atuam diretamente nas formas que o alumínio (Al) quimicamente ativo pode se apresentar.

**Figura 3** – Relação entre a principal componente 1 (CP 1) e a principal componente 2 (CP 2), considerando ambiente seco e úmido (azul) de fragmentos florestais urbanos na camada de 20-30 cm, a fauna do solo (itálico) e as variáveis ambientais explicativas selecionadas (vermelho). Símbolos: círculos correspondem ao ambiente seco e quadrados correspondem ao ambiente úmido; OC: carbono orgânico; Al: alumínio; K: potássio. **Annelida:** *Megascolecidae* (*Megasco*); *M. californica* (*Meta*); *P. corenthurus* (*Pon*); **Chilopoda:** *Aphilodon* sp. 1 (*Aph*); **Diplopoda:** *Leptodesmus* sp. 1 (*Lept*).



Carbono Orgânico (C.O) e Alumínio (Al) apresentaram correlação positiva com o ambiente seco devido ao aporte da serapilheira, sendo essa convergência responsável por influenciar as propriedades de solos ácidos (WENDLING, 2012). A complexação do Al ocorre devido à integração entre o aporte e qualidade da matéria orgânica com as reações entre compostos orgânicos solúveis e minerais (WENDLING, 2012). Os grupos edáficos exploram uma variedade muito grande de recursos alimentares, como grama, plantas herbáceas, frutos, caules e madeira viva, morta, recém-abatida ou envelhecida, fezes, húmus, líquens e esterco; ou seja, são organismos plásticos com grande capacidade de adaptabilidade na dieta alimentar (LIMA E COSTA-LEONARDO, 2007).

Essa oferta de alimentos é encontrada principalmente na camada 0-10 cm de estratificação do solo, região onde todos esses detritos de origem vegetal e animal são fragmentados e decompostos, ocorrendo à ciclagem de elementos químicos inorgânicos.

Patucci et al. (2017) salientam que a camada (0-10 cm) é justamente a que sofre maiores amplitudes de temperatura do solo ( $^{\circ}\text{C}$ ) ao longo do dia, o que provavelmente seja um fator condicionante em termos da adaptação dos grupos edáficos que vivem na detritosfera e drilosfera (BEARE et al., 1995; CORREIA, 2002). Lavelle e Pashanasi (1989) mencionam que a abundância, ocorrência e adaptação dos grupos estão associadas às características ambientais como microclima, variação da cobertura vegetal, composição da serapilheira e classe de solo. Geissen e Guzman (2006) relatam que o carbono orgânico (C.O) promove influência sobre a densidade e a diversidade da biota edáfica, enquanto que Baretta et al. (2011) apontam que a diversidade tem relação direta com a elevada concentração de carbono orgânico (C.O). Toda essa dinâmica acerca da incorporação dos resíduos orgânicos no solo e da amplitude térmica ( $^{\circ}\text{C}$ ) explica a correlação entre o aumento de Ind.m<sup>2</sup> com os nutrientes e o ambiente seco.

É possível observar pelos resultados, que a adaptação e a função ecológica desempenhada pelos grupos de fauna em relação à estratificação no solo se dão de forma ordenada e escalar. As escalas ou esferas do solo (BEARE et al., 1995; CORREIA, 2002), habitats estudados nessa pesquisa, respondem aos processos físicos, químicos e biológicos, assim como se auto-organizam de acordo com a entrada e saída de matéria e energia no sistema solo. Nas análises multivariadas apresentamos processos e correlações advindas ocorridas em até 30 cm de profundidade no solo, justamente onde se localizam a detritosfera e drilosfera (BEARE et al., 1995; CORREIA, 2002). A detritosfera corresponde à porção superior do solo, onde a serapilheira é fragmentada e decomposta sendo inserida no sistema e a drilosfera, porção inferior, corresponde à região onde o material orgânico já decomposto serve como alimento e também é distribuído verticalmente e horizontalmente pelo movimento de biopedoturbação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitem inferir que as espécies e morfo-espécies coletadas nos fragmentos de Mata Atlântica em regeneração, são bioindicadoras de alterações edafo-ambientais. As conclusões adicionais que podem ser feitas a partir desse estudo são:

A densidade e diversidade dos Ind.m<sup>2</sup> coletados foram influenciadas pela alternância de ambiente, estratificação do solo e parâmetros químicos do solo, sendo estes fatores limitantes para a adaptação, ocorrência, frequência e estabelecimento das populações de grupos edáficos. Verificase que, dentre todas as variáveis investigadas, a umidade do solo, a cobertura vegetal e consequentemente a qualidade e quantidade de serapilheira que nutrifca os primeiros 30 cm do solo, elevadas taxas de carbono orgânico (C.O) e biodisponibilidade de macronutrientes (K, Al e Ca), foram as que preservaram correlação com as famílias, espécies e morfo-espécies capturadas.

As áreas têm em seu histórico de manejo alterações ambientais e interferência antrópica. A elevada abundância e frequente incidência de uma espécie invasora (*P. corenthurus*) nas coletas de todos ambientes e profundidades do solo (cm) demonstra seu potencial como bioindicador explorador, ao apresentar sua adaptação a habitats diferentes do seu natural e correlações positivas para a sua presença em áreas que passam pelo processo de regeneração.

A densidade de Ind.m<sup>-2</sup> e o índice de diversidade de Shannon (H) foram afetados, principalmente pelo ambiente de coleta e profundidade do solo. A análise ACP se apresentou como ferramenta essencial em estudos pedo-ecológicos, pois demonstrou que existe separação entre os ambientes e profundidades de solo estudadas e respostas específicas desses dois parâmetros em relação aos macronutrientes do solo. Foi possível mapear pela ACP as famílias, espécies e morfo-espécies que mais se associaram positiva ou negativamente com cada variável analisada.

O inventário de populações edáficas corroborou para o monitoramento da biodiversidade de solos localizados em fragmentos de Mata Atlântica urbanos em regeneração, que apresentam em seu histórico atividades ligadas à perturbação ambiental ou interferências antrópicas. O uso de

organismos como indicadores é eficaz, pois demonstra sua sensibilidade quanto às mudanças edafó-ambientais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos financiamentos da Capes e Fapesp (2013/17014-4), ao ICMBIO, COTEC e INSTITUTO FLORESTAL –SP pelas autorizações e liberação de coletas, a Universidade Positivo de Curitiba, Embrapa Florestas no PR e UDESC-CEO pelo treinamento técnico, ao MZUSP, Instituto Butantan, Universidade Positivo de Curitiba e respectivos pesquisadores pelo auxílio nas identificações e aos gestores e funcionários dos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993.
- ANTONIOLLI, I.Z.; CONCEIÇÃO, P.C.; BOCK, V.; PORT, O.; SILVA, D.M.; SILVA, R.F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981922>
- AQUINO, A.M (Org.). **Manual para macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130).
- BARBOSA, L.M.; POTOMATI, A.; PECCINI, A.A. O Pefi: histórico e Legislação. In: BICUDO, D.C.; FORTI, M.C.; BICUDO, C.E.M. (Orgs.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo**. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p. 15-28.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; RIBEIRO, S. F.; KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.715-724, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000500007>
- BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 41, p.1675-1679, 2006.
- BARETTA, D. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba: USP. 2007.
- BARETTA, D.; BRESCOVIT, A.D.; KNYSAK, I.; CARDOSO, E.J.B.N. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (arachnida:araneae) in Araucaria angustifolis forest. **Scientia Agricola**, v.64, p. 375-383, 2007b. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162007000400008>
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; FILHO, L.C.I.O.; ALVES, M.V. Fauna edáfica e qualidade do solo In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C (Orgs.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, v.7, 2011. p. 141-192.
- BARTZ, M.L.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; FERNANDES, J.O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.928-933, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800019>
- BARTZ, M. L. C. **Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Londrina: UEL. 2011.
- BARTZ, M.L.C. ; JAMES, S.W. ; BROWN, G.G. **Curso de Taxonomia, Biologia e Ecologia de Minhocas**. Universidade Positivo. Paraná, Curitiba, 2015.

- BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY JR., D. A.; HENDRIX, P. F.; ODUM, E. P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, Hague, v.170, p. 5-22, 1995. <https://doi.org/10.1007/BF02183051>
- BLAIR, J.M.; PARMELLE, R.W.; WYMAN, R. L. A comparasion of forest floor invertebrate communities of four types in the northeastern U.S. **Pedobiology**, v.38, p.146-160, 1994.
- BRESCOVIT, A. D.; RHEIMS, C. A; BONALDO, A. B (Org.). **Chave de identificação para famílias de aranhas brasileiras**. Instituto Butantan, 2007.
- BROWN, G.G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRÓN, J.C.; BUENO, J.; MORENO, A.G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)**, n. especial 1, p. 79-110, 2001.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, Puerto Rico, v. 42, n. 3, p. 339-358, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000800001>
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, p. 297- 381, 2007.
- BROWN, G.G.; SAUTTER, K. D. Biodiversity conservation and sustainable management of soils animals. In: XV International Colloquium on Soil Zoology and XII International Colloquium on Apterygota. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p. 1-9, 2009.
- BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. In: Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas (ELAETAO3), 3., Curitiba. **Acta Zoológica Mexicana**, v.2, p.1-18, 2010.
- BROWN, G.G.; NIVA, C.C.; ZAGATTO, M. R.G.; FERREIRA, S.A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G.B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M.L.C.; SAUTTER, K.D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D. ; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z.I.; DECAENS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L.M.; GARCIA, J.R.; OLIVEIRA, E.B.; BROWN, G.G. PRADO, R.B. (Orgs.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1ed.Brasília/DF: EMBRAPA, 2015. p. 122-154.
- BUCH, C.A.; BROWN, G.G. Ciclo de vida e desenvolvimento de *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) em solo artificial tropical. In: Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas (ELAETAO4), 4., Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, p. 1- 4, 2010.
- BUENO-VILLEGAS, J. Los diplópodos del suelo en la selva alta de Los Tuxtlas. In: ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, J.; NARANJO-GARCÍA, E. N (Orgs.). **Ecología del suelo em la selva tropical húmeda de México**. UNAM, 2003. p. 226-236.
- CASARI, S.A.; IDE, S. Coleopteras. In: ALBERTINO et al. (Orgs.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto. Holos Editora, 2012, p.454-535.
- CLARKE, K. R.; GORLEY, R. N. **Software Primer v6**. Plymouth, PRIMER-E, UK, 2006.
- CORREIA, M.E.F. Relações entre diversidade da fauna de solo e processo de decomposição e seus reflexos sobre estabilidade do sistema. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, dez. 2002.33p.(Embrapa Agrobiologia. Documentos, 156).
- ESPÍRITO-SANTO FILHO, K. **Efeito de distúrbios ambientais sobre fauna de cupins (insecta: Isoptera) e seu papel como bioindicador**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Rio Claro: UNESP. 2005.

- FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, v.41, p.533-540, 2011. <https://doi.org/10.5380/ufv.v41i3.24045>
- GEISSEN, V.; GUZMAN, G. M. Fertility of tropical soils under different land use systems-a case study of soils in Tabasco, México. **Applied Soil Ecology**, v.31, p.169–178, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.02.012>
- HOLMSTRUP, M.; SORENSEN, J. G.; MARALDO, K.; SCHMIDT, I. K.; MASON, S.; TIETEMAD, A.; SMITH, A. R.; EMMETT, B.; SCHMELZ, R. M.; BATAILLON, T.; BEIER, C.; EHLERS, B. K. Increased frequency of drought reduces species richness of enchytraeid communities in both wet and dry heathland soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.53, p.43-49, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.05.001>
- HORGAN, F.G. Burial of bovine dung by coprophagous Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from house and cow grazing sites in El Salvador. **European Journal of Soil Biology**, v.47, p.103-111, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01073-1](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01073-1)
- KIREJTSHUK, A. G. A current generic classification of sap beetles (Coleoptera, Nitidulidae). **Zoosystematica Rossica**, v.17, n.1, p. 107-122, 2008.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimanguas, Loreto) **Pedobiology**, v. 33, p. 283-291, 1989.
- LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil Invertebrates and ecosystem services. European. **Journal of Soil Biology**, v.42, p. 3 -15, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.002>
- LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotrópica**, v.7, n.2, p. 243-250,2007. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000200027>
- NUNES, L. 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, p.43-49, 2009. <https://doi.org/10.5380/rsa.v10i1.13162>
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1983.434p.
- PATUCCI, N.N. **Estudo da pedofauna como bioindicadora da qualidade de solos em fragmentos florestais urbanos**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – São Paulo: USP. 2015.
- PATUCCI, N.N.; FILHO, L.C.I.O.; OLIVEIRA, D.; BARETTA, D.; BARTZ, M.L.C.; BRESCOVIT, A.D. Inventário de fauna edáfica como instrumento na avaliação de qualidade e biodiversidade de solos urbanos: estudo de caso do parque CienTec. **Boletim Paulista de Geografia**, v.96, p. 66-89, 2017.
- SCOTT, A. G.; OXFORD, G. S.; SELDEN, P. A. Epigeic spiders as ecological indicators of conservation value of peat bogs. **Biological Conservation**, Essex, v.127, p.420-428, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.001>
- SILVA, C. C.; CASTRO, G. A. Abundância e biomassa de *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) (Oligochaeta, Glossoscolecidae) em solos cambissolos, neossolos e latossolos brunos na reserva biológica municipal Poço d'Anta – Juiz de Fora – MG. **Anais...** 61ª Reunião anual da SBPC Amazônica: Ciência e Cultura, Manaus- Amazonas, 2009.
- SIMPSON, J. E.; SLADE, E.; RIUTTA, T.; TAYLOR, M. E. Factors affecting soil fauna feeding activity in a fragmented lowland temperate deciduous woodland. **PLOS ONE**, v.7, p.1-6, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029616>
- SOUTO, J.S. **Curso de coleta e identificação da biota do solo teoria e prática**. Oferecido na Universidade Federal do Vale do Acaraú. Ceará, Sobral, 2012.

SPELLERBERG, I.F. (Org.). **Monitorig ecological change**. Cambridge: Cambridge University Press. 1991. 334p.

STATSOFT, Inc. 2004. **STATISTICA** (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

STEFFEN, G.P.K. **Diversidade de minhocas e sua relação com ecossistemas naturais e alterados no Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Santa Maria: UFSM. 2012.

VAZ-DE-MELLO, F.Z.; EDMONDS, W.D.; OCAMPO, F.; SCHOOLMEESTERS, P. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). New Zeland, **Zootaxa**, v.2854, p. 1-73, 2011. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2854.1.1>

WENDLING, G. F. D. **Formas de Alumínio em solo submetido a diferentes manejos e rotações de culturas**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Santa Maria: UFSM. 2012.

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

---

Recebido em: 18/10/2018

Aceito para publicação em: 29/04/2019