UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ESTUDO DA PEDOFAUNA
COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE SOLOS EM
FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS

(Versão corrigida)

NATÁLIA NUNES PATUCCI

São Paulo
Agosto, 2015

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ESTUDO DA PEDOFAUNA
COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE SOLOS EM
FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS

(Versão corrigida)

NATÁLIA NUNES PATUCCI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre.

Área de concentração: Estudos interdisciplinares em Geomorfologia e Pedologia.

Orientadora: Profa. Dra. Déborah de Oliveira

De acordo:

São Paulo
Agosto, 2015

NATÁLIA NUNES PATUCCI

**ESTUDO DA PEDOFAUNA
COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE SOLOS EM
FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Titulares:

Profa. Dra. Déborah de Oliveira
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. José Pereira Q. Neto
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Spíndola
Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza

Suplentes:

Prof. Dr. Fernando N. J. Vilella
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Andreas A. W. Miklós
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues
Nunes
Universidade Estadual Paulista

São Paulo, _____ de _____ de 2015

Dedico este trabalho ao Antônio, Deise,
Renato, Renato, Penélope e Pelinho, minha
família, minha base. Minha eterna gratidão!
Sem o apoio de vocês nada seria possível!

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, autor do meu destino e meu guia, pela força, discernimento, criatividade, inspiração e perseverança dadas para que eu pudesse chegar até aqui ;

Ao **Renato**, por todo amor, carinho, respeito, compreensão, amizade, cumplicidade e auxílio;

À **minha família**, que é uma referência muito positiva para tudo em minha jornada. Sempre lapidando em mim desde criança as verdadeiras grandezas da vida: o amor, a compaixão, a ternura, a serenidade, a fé e a humildade. Estiveram ao meu lado acreditando nos meus sonhos, incentivando meu desenvolvimento e nunca me deixando esquecer as minhas origens;

A todos os **amigos**, novos e antigos, cada qual a sua maneira, sempre tornando meus dias mais leves e felizes;

A Profa. Dra. **Déborah de Oliveira**, pela confiança em mim depositada, pela amizade construída ao longo do tempo e, sobretudo, pela orientação, apoio, diálogo, presença e pelos conselhos e discussões, que promoveram o encaminhamento desta pesquisa e meu amadurecimento intelectual e pessoal;

Ao Prof. Dr. **Dilmar Baretta e equipe do Laboratório de Solos e Sustentabilidade da UDESC/CEO** pela co-orientação, pelo apoio dado desde o início da pesquisa até o presente momento, pelo treinamento em morfotipagem de invertebrados, pelas contribuições e sugestões e por terem proporcionado minha inserção nesse campo da ciência tão deslumbrante, a **biologia do solo**;

À Profa. Dra. **Marie Luise Caroline Bartz** pelas sugestões e pela gentileza em identificar as minhocas, pelo curso de Taxonomia e pelo apoio técnico dado durante todo o período de execução da pesquisa;

Ao Prof. Dr. **Antônio Domingos Brescovit e equipe do Instituto Butantan** pelos conselhos e pela gentileza em identificar as classes arachnida, chilopoda, diplopoda e ordem escorpiones e opiliones;

Ao Dr. **Juares Fuhrmann e equipe do Museu de Zoologia da USP** pela gentileza na identificação da ordem coleoptera;

Aos Professores Dr. **José Pereira de Queiroz Neto**, Dr. **Carlos Roberto Spíndola**, Dr. **Jacob Silva Souto**, Dra. **Sueli Ângelo Furlan**, Dra. **Marisa de Souto Matos Fierz**, e Dr. **Andreas Attila de Wolinsk Miklós** pelas valiosas sugestões que culminaram no aprimoramento e na finalização deste projeto;

Ao **Laboratório de solos** da Esalq/USP, pela análise química dos solos ;

Ao geógrafo **Gustavo Miura Thiesen**, pelos anos de amizade e pela ajuda na elaboração e revisão do material cartográfico;

A **Danilo Rogério de Sousa**, pelos anos de amizade, por todo apoio dado durante o desenvolvimento da presente pesquisa e pela ajuda na revisão gramatical do texto;

A **Danilo Oliveira Mesquita**, amigo e também pesquisador da biologia do solo, pelo apoio nos trabalhos de campo e discussões acerca dos resultados, métodos e bibliografias;

À Dra. **Rita Nadal** e **Gisela Vallin** pelo aprendizado e sábios aconselhamentos, os quais levarei comigo para toda minha caminhada;

A todos os **gestores e funcionários dos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá**, pela liberação das licenças de coleta e pelo apoio dado nos trabalhos de campo;

A todos os **funcionários** da secretaria de pós-graduação e graduação da Geografia/USP, que sempre muito zelosos, me ajudaram a sanar dúvidas e resolver questões administrativas;

Ao **SISBIO** e **Instituto Florestal (COTEC)** pela liberação das licenças de coleta;

A **CAPES** e a **FAPESP** pelo auxílio financeiro, sem o qual essa pesquisa teria sido inviável;

A **todos** que direta ou indiretamente contribuíram com o início, desenvolvimento e finalização dessa pesquisa, meus sinceros agradecimentos. Esse trabalho também é de vocês!

“Sempre permaneça aventureiro. Por nenhum momento se esqueça de que a vida pertence aos que investigam. Ela não pertence ao estático; ela pertence ao que flui. Nunca se torne um reservatório, sempre permaneça um rio.”

(Osho)

RESUMO

PATUCCI, N. N. Estudo da pedofauna como bioindicadora de qualidade de solos em fragmentos florestais urbanos. 2015. 134p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A qualidade do solo está relacionada ao seu funcionamento e é mensurada por indicadores físicos e químicos, como também por organismos, os quais desempenham as mais variadas funções ecossistêmicas. A diversidade da pedofauna nos ecossistemas pode ser afetada por vários fatores, justamente por esses invertebrados serem sensíveis às mudanças ambientais. A pesquisa avaliou a qualidade de solos de fragmentos florestais urbanos na cidade de São Paulo, especificamente nos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá, utilizando espécies de minhocas como bioindicadoras. Foi realizada nas áreas de estudo uma coleta concentrada no inverno (09/2014; 10/2014) em ambientes seco e úmido, com o objetivo de verificar a diversidade, ocorrência, biomassa (g.m^2) e densidade (Ind.m^2) dos indivíduos coletados e sua relação com as variações ambientais, especialmente com a temperatura do solo, profundidade do solo, presença e ausência de drenagem na parcela e atributos químicos como, pH, C.O, K, P, Ca, Mg e Al. Delimitou-se aleatoriamente, em ambiente seco e úmido, uma área fixa de 1,7 hectare por parcela amostral, onde foram amostrados nove TSBF por ambiente, com espaçamento de 30 m entre cada ponto e 20 m de bordadura, totalizando 54 pontos amostrais. Os exemplares de pedofauna subsuperficial foram capturados pela técnica TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), que consiste em monólitos de 30x30 de largura e 30 cm de profundidade. Após a triagem do solo os exemplares foram colocados em soluções de álcool 92%, e posteriormente, mensurados estatisticamente pelos índices de diversidade, equabilidade, e biomassa; por fim, foram identificados ao nível de espécie, as minhocas, e ao nível de família e gênero, as classes arachnida, coleoptera, quilopoda e diplopoda. Nos mesmos pontos do TSBF foram coletadas amostras de solo para a análise dos atributos químicos, assim como foram utilizados dados climáticos para avaliação de atributos físicos, que serviram como variáveis ambientais explicativas. Dos atributos climáticos, nos meses analisados a precipitação mensal não atingiu 70 mm e, em geral, ficou abaixo da média climatológica, caracterizando um período extremamente seco. Encontrou-se uma correlação positiva entre temperatura do solo, diversidade ecológica funcional, distribuição vertical no solo, hábito alimentar e dinâmica de biopedoturbação das minhocas. A umidade do solo influenciou diretamente ocorrência de Ind.m^2 , além de favorecer espécies e gêneros específicos. Na análise de parâmetros químicos, a diminuição da acidez do solo, o aumento do teor de C.O e elevada disponibilidade de macronutrientes influenciaram no aumento de Ind.m^2 e o que justifica os 159 Ind.m^2 em ambiente seco e 148 Ind. m^2 em ambiente úmido para o Parque Jaraguá, representando 46% do total de exemplares coletados. O parque Cientec e Cantareira apresentaram solos muito ácidos e menores índices de C.O e macronutrientes se comparados com o parque Jaraguá, totalizando 24% e 30% dos exemplares coletados. Os índices bioestatísticos apontaram que as minhocas foram predominantes, tanto em densidade (minhocas.m^2) quanto em biomassa (g.m^2) dentre toda a macrofauna edáfica coletada e confirmaram que as variáveis químicas e climáticas do solo tem maior relevância para explicar a diversidade, ocorrência, biomassa e densidade de minhocas e consequentemente, as funções ecossistêmicas desempenhadas pelas mesmas.

Palavras-chave: Qualidade do solo, bioindicadores, pedofauna, fragmentos florestais urbanos.

ABSTRACT

PATUCCI, N. N. Study of soil fauna as quality bioindicator in urban forest fragments.

In 2015. 134p. Dissertation (Master's degree in Physical Geography) – Department of Geography – Faculty of Philosophy, Letters and Human Sciences, São Paulo University, São Paulo, 2015.

Soil quality is related to its functioning and is measured by physical and chemical indicators, but also by organisms inserted therein, which play the most diverse ecosystem functions. The diversity of soil macrofauna in ecosystems can be affected by many factors, due these organisms being sensitive to environmental changes. The research evaluated the quality of urban forest fragments soils in São Paulo, specifically in CienteC, Cantareira and Jaraguá parks, using earthworms as bioindicators. It was performed at study sites a concentrated collection in winter (09/2014, 10/2014), in dry and wet environments, in order to assess the diversity, occurrence, biomass and density of individuals collected in accordance with variations in environment ,especially with soil temperature, soil depth, presence and absence of the drainage portion and chemical attributes such as , pH, O.C, K, Ca, Mg and Al. Delimited randomly, in a dry and humid environment a fixed area of 1.7 hectare per plot sample, where was sampled nine TSBF per environment, with spacing of 30 m between each point and 20 m margin, totaling 54 sampling points. Exemplary subsurface pedofauna were captured by adapted TSBF technique (Tropical Soil Biology and Fertility) consisting of monoliths 30x30 wide and 30 cm deep. After the soil screening the specimens were fixed in 92% alcohol solution and subsequently measured statistically by the diversity index, equability, and biomass; finally, were identified to species level, earthworms, and the family level and genus, the arachnida, coleoptera, quilopoda and diplopoda classes. In the same points of TSBF soil samples were collected for analysis of chemical attributes, as well as climate data were used for evaluation of physical attributes, which served as explanatory environmental variables. About the climatic attributes in the analyzed months, the monthly rainfall did not reach 70 mm and, in general, was below the climatological average, featuring an extremely dry period. It was found a positive correlation between soil temperature, functional ecological diversity, vertical distribution in the soil, feeding habits and dynamics of bioturbation of earthworms. Soil moisture directly influenced the frequency Ind.m², besides favoring specific genus and species. In the analysis of chemical parameters, the reduction of soil acidity, increased O.C. content and the high nutrient availability influenced the increase of Ind.m² which explains the 159 ind.m² in dry conditions and 148 ind. m² in a humid environment for the Jaraguá park, representing 46% of all copies of the collection TSBF. The CienteC and Cantareira park had more acidic and lower rates of soil organic carbon and macronutrients if compared to the Jaraguá park, totaling 24% and 30% of the collected specimens. The biostatisticians indexes pointed out that the worms were prevalent in both density (earthworms.m²) and biomass (g.m²), among all the soil macrofauna collected in contrasting environments and sites and confirmed that chemical soil and climatic variables have greater relevance to explain the diversity, occurrence, biomass and density of earthworms and consequently the ecosystem functions performed by them.

Keywords: Soil quality, bioindicators, soil macrofauna and urban forest fragments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização dos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá na cidade de São Paulo ...	20
Figura 2 – Sistemas biológicos de regulação e esferas de influência de biodiversidade do solo	25
Figura 3 – Interações dos processos que ocorrem no pedosistema	26
Figura 4 – Parcela amostral do parque Cientec	44
Figura 5 – Parcela amostral do parque Canatareira em ambiente seco	45
Figura 6 – Parcela amostral do parque Cantareira em ambiente úmido.....	46
Figura 7 – Parcela amostral do parque Jaraguá	47
Figura 8 – Técnica TSBF modificada	49
Figura 9 – Mapa hipsométrico do parque Cientec.....	60
Figura 10 – Mapa hipsométrico do parque Cantareira	61
Figura 11 – Mapa hipsométrico do parque Jaraguá.....	62
Figura 12 – Cobertura vegetal do parque Cientec	63
Figura 13 – Cobertura vegetal do parque Cantareira.....	64
Figura 14 – Cobertura vegetal do parque Jaraguá	65
Figura 15 – Mapa pedológico do parque Cantareira	68
Figura 16 – Mapa pedológico do parque Jaraguá.....	69
Figura 17 – Topossoequência em solos do parque Estadual Fontes do Ipiranga	84
Figura 18 – Síntese do parque Cientec	85
Figura 19 – Síntese do parque Cantareira.....	100
Figura 20 – Síntese do parque Jaraguá	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes orgânicos do solo	29
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parque Cientec: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente seco	70
Tabela 2 – Parque Cientec: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente úmido.....	70
Tabela 3 – Parque Cientec: dados da coleta TSBF em ambiente seco (Ind.m ²)	72
Tabela 4 - Parque Cientec: dados da coleta TSBF em ambiente úmido (Ind.m ²).	73
Tabela 5 - Parque Cientec: detalhamento taxonômico da classe Arachinida e Chilopoda.....	74
Tabela 6 - Parque Cientec: detalhamento taxonômico da ordem Coleoptera.....	74
Tabela 7 - Parque Cientec: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente seco.....	76
Tabela 8 - Parque Cientec: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente úmido.....	77
Tabela 9 - Média anual com totais mensais de precipitação, umidade relativa e temperaturas do ar do parque Cientec	79
Tabela 10 – Médias mensais de temperatura do solo por profundidade no parque Cientec	80
Tabela 11 – Atributos químicos do solo no parque Cientec em ambiente seco (na profundidade 0 – 30 cm)	83
Tabela 12 – Atributos químicos do solo no parque Cientec em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30 cm)	86
Tabela 13 – Parque Cantareira: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente seco	88
Tabela 14 – Parque Cantareira: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente úmido	88
Tabela 15 – Parque Cantareira: dados da coleta TSBF em ambiente seco (Ind.m ²)	89
Tabela 16 - Parque Cantareira: dados da coleta TSBF em ambiente úmido (Ind.m ²).	90
Tabela 17 - Parque Cantareira detalhamento taxonômico da classe Arachinida e Chilopoda .	91
Tabela 18 - Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da ordem Coleoptera	91
Tabela 19 - Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente seco.....	92
Tabela 20 - Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente úmido.....	93
Tabela 21 - Média anual com totais mensais de precipitação, umidade relativa e temperaturas do ar e média histórica anual da estação Mirante de Santana e estação do Instituto Florestal.	94
Tabela 22 – Atributos químicos do solo no parque Cantareira em ambiente seco (na profundidade 0 – 30 cm)	101

Tabela 23 – Atributos químicos do solo no parque Cantareira em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30 cm)	102
Tabela 24 – Parque Jaraguá: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente seco.....	103
Tabela 25 – Parque Jaraguá: biomassa fresca (g.m ²) em ambiente úmido.....	103
Tabela 26 – Parque Jaraguá: dados da coleta TSBF em ambiente seco (Ind.m ²)	104
Tabela 27 - Parque Jaraguá: dados da coleta TSBF em ambiente úmido (Ind.m ²).	105
Tabela 28 - Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da classe Chilopoda e Diplopoda ...	106
Tabela 29- Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem Coleoptera.....	107
Tabela 30 – Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente seco.....	108
Tabela 31 - Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente úmido.....	109
Tabela 32 – Atributos químicos do solo no parque Jaraguá em ambiente seco (na profundidade 0 – 30 cm).....	110
Tabela 33 – Atributos químicos do solo no parque Jaraguá em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30 cm).....	112
Tabela 34 - Variáveis estatísticas da pedofauna.....	115
Tabela 35 - Diferença das médias (Ind.m ²) entre os parques Cientec, Cantareira e Jaraguá .	117

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média mensal de precipitação, média histórica (1933-2002) e média mensal da temperatura do ar – série anual (1 de dezembro de 2013 a 31 de novembro de 2014) do parque Cientec.....	78
Gráfico 2 – Média diária de precipitação e de temperatura do ar – período de retirada de monólitos do parque Cientec.	79
Gráfico 3 – Variação de temperatura do solo por profundidade nos dias de coleta de TSBF no parque Cientec.	82
Gráfico 4 – Média mensal de precipitação e da temperatura do ar – série anual (1 de dezembro de 2013 a 31 de novembro de 2014) do parque Cantareira e Jaraguá.	95
Gráfico 5 – Média diária de precipitação e de temperatura do ar – período de retirada de monólitos do parque Cantareira e Jaraguá.....	95
Gráfico 6 - Variação de temperatura do solo por profundidade nos dias de coleta de TSBF no parque Cantareira e Jaraguá.....	97

LISTA DE SIGLAS

CEM	Centro de Estudo da Metrópole
CIENTEC	Parque da Ciência e Tecnologia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Agropecuária
EMPLASA	Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo
ESALQ	Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz
GPS	Sistema de posicionamento global
IAG	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PEC	Parque Estadual da Cantareira
PEFI	Parque Estadual Fontes do Ipiranga
PEJ	Parque Estadual do Jaraguá
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
TSBF	Tropical Soil Biodiversity and Fertility Method
UC	Unidade de Conservação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e Cultura
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Per cento
Al	Alumínio
C°	Graus Celsius (unidade de medida para temperatura)
Ca	Cálcio
Cm	Centímetros (unidade de medida de comprimento)
C.O	Carbono orgânico
CO ₂	Gás Carbônico
CTC	Capacidade de troca catiônica
E	Índice de equabilidade
Fe	Ferro
g	Gramas (unidade de massa)
ha	Hectare (unidade de área = 1000m ²)
H+Al	Acidez potencial
H	Hidrogênio
Ind.m ²	Indivíduos por metro quadrado
Is	Índice de dominância de Simpson
K	Potássio
Kg	Quilograma (unidade de massa)
Km	Quilômetros (unidade de medida de comprimento)
m%	Percentual de saturação por alumínio
m	Metro (unidade de medida de comprimento)
m ²	Metro quadrado (unidade de área)
mg	Miligramas (unidade de massa)
mm	Milímetros (unidade de medida de comprimento)
mmolc	Milimol de carga (unidade de massa)
O ₂	Oxigênio
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrogênio que indica alcalinidade ou acidez em solução aquosa.
S	Índice de riqueza
SB	Soma de bases
V%	Saturação por bases

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	PRENÚNCIOS SOBRE A RELAÇÃO FAUNA - SOLO	21
2.2	SISTEMA SOLO E ZONAS DE INFLUÊNCIA	22
2.3	DIVERSIDADE ECOLÓGICA FUNCIONAL DA PEDOFAUNA.....	25
2.4	PRINCIPAIS ENGENHEIROS DO PEDOSISTEMA.....	28
2.5	BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	31
2.6	RESPOSTA DA PEDOFAUNA AOS ATRIBUTOS DO PEDOClima	34
2.7	RELAÇÃO DA PEDOFAUNA COM A ESTRUTURAÇÃO DOS HORIZONTES PEDOLÓGICOS	36
2.8	OBJETIVOS	38
2.8.1	Objetivo Geral	38
2.8.2	Objetivos específicos	38
3	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS	39
3.1	MATERIAIS	39
3.2	PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS	40
3.2.1	Levantamento e pesquisa bibliográfica.....	40
3.2.2	Elaboração do material cartográfico.....	40
3.2.3	Confecção da unidade experimental	43
3.2.4	Coleta, identificação e quantificação da pedofauna.....	48
3.2.5	Emprego dos indicadores	49
3.2.6	Análise química dos solos e características climáticas.....	51
3.2.7	Análise estatística	52
4	CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA E FÍSICA DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS	54
4.1	HISTÓRICO DOS PARQUES	54
4.1.1	Parque Cientec	54
4.1.2	Parque Estadual da Cantareira	55
4.1.3	Parque Estadual do Jaraguá	56

4.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	56
4.3	COBERTURAS VEGETAIS E ALTIMETRIA	57
4.4	GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA.....	66
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	70
5.1	PARQUE CIENTEC	70
5.1.1	Inventário da pedofauna	70
5.1.2	Avaliação das variáveis climáticas.....	78
5.1.3	Análise dos atributos químicos do solo	83
5.2	PARQUE CANTAREIRA	88
5.2.1	Inventário da pedofauna	88
5.2.2	Avaliação das variáveis climáticas do Cantareira e Jaraguá.....	94
5.2.3	Análise dos atributos químicos do solo	99
5.3	PARQUE JARAGUÁ	103
5.3.1	Inventário da pedofauna	103
5.3.2	Análise dos atributos químicos do solo	110
5.4	ANÁLISE DE VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS	114
5.5	PEDOFUNA COMO BIOINDICADORA	117
6	CONCLUSÕES	122
	REFERÊNCIAS	124

1 INTRODUÇÃO

Organismos bioindicadores de qualidade do solo são comunidades cuja diversidade, função ecológica, presença ou ausência revelam a possibilidade de alteração ambiental provocada por influência antrópica ou naturalmente (BARETTA et al., 2010). Os indicadores irão funcionar como parâmetros de comparação, podendo ser usados para avaliar a biodiversidade e qualidade do sistema (LAVELLE et al., 2006). A qualidade do solo, segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), integra comportamentos biológico, físico e químico; além disso, influencia diretamente na distribuição dos grupos da macro fauna edáfica que ali habitam e desempenham seus serviços ecossistêmicos. White (1789) e Darwin (1842; 1881) já atentavam para a importância da diversidade funcional da pedofauna, especialmente para as minhocas, que desempenhariam a função de “arado natural” ao ingerir e mover as partículas do solo. Para o solo, um dos serviços mais importantes prestados pela macrofauna é a sua capacidade de se movimentar horizontalmente e verticalmente, o que conseqüentemente, auxilia a distribuição de materiais orgânicos e minerais em profundidade através das galerias.

A morfologia do solo descrita nos manuais de classificação e sistemas de identificação atuais representa a análise da constituição física de um perfil, que consiste em uma seção vertical iniciando no horizonte O ou A e finalizando no horizonte B ou C, estando os horizontes subordinados às classes de solo e processo químicos decorrentes. (KAMPF & CURI, 2012). No perfil, são observados os seguintes atributos: organização dos horizontes, textura, estrutura, consistência, friabilidade, porosidade etc (LEPSH, 2002; 2011). Essa avaliação reflete os processos físicos e químicos pelos quais o solo respondeu, dimensiona e pontua processos pedogenéticos e permite a inferência de condições estruturais como a permeabilidade, morfologia e compactação, como também, circunstâncias ambientais sobre o qual ele foi formado (RIBEIRO et al.; 2012). A dinâmica da biopedoturbação desenvolvida pela fauna edáfica também pode interferir, direta ou indiretamente, na morfologia do solo devido à construção de galerias, túneis, pedotúbulos, bioporos e mudança nas estruturas, tornando-as mais granulares e grumosas (LAVELLE et al.; 1997; AQUINO, 2001; FERREIRA, 2010; MELO-JÚNIOR, 2012).

O papel funcional desempenhado pela pedofauna irá variar de acordo com características da vegetação, disponibilidade de alimento, microclima, características químicas e tipos pedológicos (LAVELLE & PASHANASI, 1989), relações que irão acarretar na diversidade e abundância dos invertebrados. Essas interações poderão ainda auxiliar processos

físicos, químicos e biológicos dos solos mediante relações ecológicas intraespecíficas e interespecíficas que ocorrem nos nichos pedológicos e esferas de influências (BEARE et al., 1995; LAVELLE et al., 1997) e, assim, influir na qualidade dos mesmos. No caso dos parâmetros físicos, pode influenciar na agregação (compactação e descompactação de solo), aeração, porosidade, percolação e armazenamento de água; nos químicos, é agente na ciclagem de nutrientes, mineralização de resíduos orgânicos, fertilidade e humificação e nos biológicos, colabora com a decomposição e disseminação de esporos (LAVELLE & SPAIN, 2001; BARTZ, 2011). Logo, o conhecimento dessas comunidades e suas funções são indispensáveis para a preservação da biodiversidade e do papel que desempenham nos nichos ecológicos presentes no solo.

Por serem organismos sensíveis às modificações ambientais (climáticas, físicas, químicas, biológicas e antrópicas), os invertebrados do solo podem ser considerados indicadores de qualidade, degradação, recuperação e restauração ambiental (BARETTA et al., 2006; SOUTO, 2012). Indicadores biológicos são grupos ou comunidades cuja presença, ausência, densidade, diversidade e papel funcional revelam a possibilidade de uma situação adversa provocada naturalmente ou por algum fator antrópico (BARETTA et al., 2010). Cada grupo taxonômico responde de forma diferenciada às alterações do seu habitat, e por isso a importância crucial do cruzamento das alterações ambientais com as funções ecológicas desempenhadas pela biota edáfica (LAVELLE et al., 1997; ESPÍRITO SANTO FILHO, 2005). O uso dos bioindicadores como ferramenta para mensurar a qualidade de solos vem crescendo a nível mundial, porém muito pouco se conhece sobre as funções ecossistêmicas realizadas pelos invertebrados edáficos (BARETTA et al., 2011), sendo que a maioria dos estudos ocorre a comparação dos índices encontrados para áreas manejadas e áreas naturais (BARETTA et al., 2010).

Não há registros de publicações acerca de inventários de fauna edáfica ou pesquisas sobre a potencialidade desses organismos funcionarem como indicadores de qualidade de solos localizados em fragmentos florestais urbanos situados na cidade de São Paulo, especificamente nos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá, ambientes que já passaram por intervenções antrópicas e que hoje se encontram em estágio de regeneração. A compreensão de mudanças ambientais como: ambientes contrastantes das parcelas amostrais (próximo e longínquo à drenagem), precipitação, temperatura do solo, atributos químicos (Ph, C.O, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, V% e m %) textura do solo e índices de diversidade (riqueza, índice de Simpson e equabilidade), somados à função ecológica, diversidade em

termos de espécie , gênero e famílias, ocorrência, biomassa (g.m^2) e densidade (Ind.m^2) dos organismos, classifica o uso dos indicadores biológicos como uma ferramenta importante para o entendimento de processos ecossistêmicos que ocorrem nestes ambientes, evidenciando a importância do presente estudo que consistiu na avaliação da pedofauna como indicadora de qualidade de solos nos Parque Cientec, Cantareira e Jaraguá (Figura 1).

Figura 1 – Localização dos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá na cidade de São Paulo.

Fonte: Mapa de uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2006), Centro de Estudos da Metrópole (CEM), adaptado pelo autor.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRENÚNCIOS SOBRE A RELAÇÃO FAUNA - SOLO

Em 1881, Darwin, menciona a importância das minhocas para processos que ocorriam nas camadas superiores do solo. Cita que esses organismos funcionavam como grandes arados naturais para a terra uma vez que todo o material do solo passou e tornará a passar pelo sistema digestório das minhocas; esse raciocínio pôde estabelecer, por exemplo, uma correlação entre o papel ecológico-funcional desempenhado por esses organismos com a aeração e descompactação do solo (ANDERSON, 2009), como também sua influência na morfologia e estrutura do solo devido à mistura e ingestão dos materiais orgânicos e minerais.

Ao mencionar a importância da minhoca como agente de transporte do solo em razão de seu hábito escavatório e consequente capacidade de se deslocar horizontal e verticalmente, em outras palavras, Darwin (1881) exemplificou o fenômeno que futuramente se denominaria “biopedoturbação”, (NICHOLS et al., 2008), que é a mistura de material orgânico e mineral em consequência da movimentação dos organismos. Por fim, pontua também a importância do entendimento da fisiologia e taxonomia das minhocas para a compreensão da função das glândulas calcíferas e produção de CaCO_3 , assunto que atualmente, ainda promove muitas discussões (BRIONES et al.; 2008). Segundo Bouché (1983) as minhocas foram um dos primeiros organismos a surgirem no planeta Terra há aproximadamente 570 milhões de anos, na Era Paleozóica. E do oceano, migraram para a crosta em torno de 225 milhões de anos, onde enfrentaram um grande período de adaptação para que pudessem se adaptar aos mais variados habitats (BROWN; JAMES, 2007).

Não menos importantes que as minhocas, as térmitas, também despertaram grande curiosidade nos pesquisadores pioneiros no tema justamente por serem organismos com ampla distribuição geográfica, colonizando e transformando os ambientes terrestres manejados ou naturais, desde as florestas tropicais, temperadas até as savanas. Além disso, esses invertebrados que interferem diretamente no ambiente edáfico exploram uma variedade muito grande de recursos alimentares, como: grama, plantas herbáceas, serapilheira e madeira viva, morta, recém-abatida ou envelhecida, ninhos cartonados, húmus, líquens, canibalismo e esterco; ou seja, são organismos plásticos e colonizadores, pois tem grande capacidade de adaptabilidade, seja alimentar, seja em termos de habitat. Como autores de pesquisas e estudos precursores acerca de taxonomia de térmitas, função ecológica da pedofauna e relação dos organismos com o solo citam-se: Grassé (1949, 1986), Grassé & Noirot (1959), Bouillon

(1970), Bachelier (1978) e Anderson & Wood (1984). Pesquisas vigentes acerca de outros exemplares da fauna serão discutidas nos itens abaixo.

2.2 SISTEMA SOLO E ZONAS DE INFLUÊNCIA

O conceito solo utilizado no estudo segue a premissa estipulada por Prigogine e Stengers (1997), Vezzani (2001) e Kämpf & Curi (2012), em que os solos são sistemas abertos que trocam e recebem energia e matéria continuamente e que se auto-organizam num arranjo próprio. Os sistemas abertos funcionam pela lei da termodinâmica do não-equilíbrio devido à sua constante atividade de adição e remoção de partículas orgânicas e minerais, sendo esse movimento possível porque os elementos constituintes estão conectados por uma força de retroalimentação, em que a interação de cada elemento, está embutida em uma rede maior de ligações. A entropia dissipada nesse processo decorre de fluxos entre o solo e suas adjacências, sendo nesse caso positiva, e negativa quando a energia é produzida no interior do sistema; a manutenção, interação e a constância dessa força motriz geram o desenvolvimento e qualidade dos solos.

Segundo Vezzani & Mielniczuk (2009) e Baretta et al. (2010), a qualidade do solo depende das interações do meio físico, químico e biológico, especificamente: sendo meio para ciclagem de nutrientes, energia e crescimento de plantas, agente regulador na percolação de água, abrigo e habitat para organismos, lembrando que a qualidade do solo depende da interação de frações inorgânicas (areia, silte e argila), de frações orgânicas (celulose, lipídios, lignina, amido etc), das moléculas solúveis em suspensão no solo e de trocas gasosas que ocorrem entre os micro e macro poros, micro e macrorraízes e agregados (ZILLI et al., 2003). As interações acima explicitadas contribuem com as relações ecológicas intraespecíficas e interespecíficas, que são ordenadas de forma escalar e dividem-se em quatro esferas de organização principais (LAVELLE et al., 1992), a seguir apresentadas:

- 1- **Serapilheira e raízes superficiais:** caracterizam-se por ser um micro-habitat, ou seja, o ambiente é composto por uma cobertura de folhas, frutos, caules, galhos, fezes e restos de animais acima da superfície do solo, onde esta através dos artrópodes, fungos e bactérias, fragmentam e decompõem os detritos, cicla elementos químicos inorgânicos enriquecendo o solo, transfere energia, facilita o fluxo de água para camadas inferiores e sustenta a vegetação.
- 2- **Drilosfera:** principalmente pelas minhocas, ocorre nesse subsistema a biopedoturbação, onde agregados orgânicos e minerais, água e solutos e materiais já decompostos são distribuídos vertical e horizontalmente por meio de galerias subterrâneas.

Essas estruturas desenvolvidas pelo deslocamento dos animais ajudam na aeração e porosidade do solo, enquanto que os coprólitos das minhocas auxiliam na remineralização do solo.

3- **Rizosfera:** nessa esfera ocorre a interação das raízes com o solo, que remete à fenômenos que ocorrem na microescala de análise, por exemplo, absorção de água, cátions e ânions pelas raízes das plantas, constituição de agregados e poros do solo, atividade metabólica de bactérias, trocas gasosas (O_2 e CO_2), etc.

4- **Termitosfera:** ambiente influenciado pela ação direta de térmitas ou cupins, que pela biopedoturbação constroem galerias com face externa e interna ao solo. O hábito construtivo das térmitas influencia diretamente na estruturação do solo, uma vez que a estrutura auxilia a entrada de água, funciona como habitat para outros animais quando são abandonadas pelos térmitas e modifica as camadas superficiais do solo devido a revolvimento de agregados minerais.

Na proposta de Beare (1995) e Correia (2002) as interações do pedosistema são formadas por cinco micro-sítios, sendo eles:

1- **Detritosfera:** região onde ocorre o acúmulo, incorporação e posterior decomposição de detritos animais e vegetais. A fauna do solo, especificamente formigas, cupins, isópodos e coleópteros atuam de forma a fragmentar o lúter aumentando a superfície de contato para o ataque microbiano (bactérias, fungos e algas), como também na distribuição desse material.

2- **Drilosfera:** camada em que é redistribuído o material orgânico já desintegrado. Frequentemente são encontrados crotovinas, pedotúbulos e túneis, meio por onde os organismos caminham, são estruturas enrijecidas por ceras provenientes da saliva dos invertebrados. No Brasil, comumente são encontrados murundus, exemplares desse microsítio.

3- **Porosfera:** a movimentação da macrofauna em geral e das raízes, produz uma nova disposição das partículas de solo originando poros cilíndricos, que auxiliam no fluxo de soluto e água entre os horizontes, como também nas reações químicas e trocas gasosas, funcionando como superfície de trocas.

4- **Agregatosfera:** conjuntos dos componentes minerais e orgânicos do solo que se encontram hierarquicamente organizados, variando de micro a macroagregados. Os invertebrados associam-se a esse ambiente por utilizá-lo como habitat, no caso das bactérias que realizam trocas gasosas e pela cooperação através da desagregação ou na origem do

agregado, processo que ocorre com a ingestão do solo ou movimentação, fenômeno mais conhecido como pedoturbação, promovido pela pedofauna e raízes.

5- **Rizosfera:** esfera em que ocorre a interação do solum, porção superior do regolito, com as raízes. Nela ocorrem processos de absorção de águas e nutrientes, trocas gasosas (O_2 e CO_2), atividade da microflora, deposição de compostos orgânicos (exsudatos, secreções, mucilagens ou polissacarídeos hidratados, mucigel ou material gelatinoso e lisados) além de agregar a maior concentração de biomassa de todos os subsistemas. Nessa esfera adaptaram-se as rizobactérias, que evoluíram mecanismos especializados em degradar compostos naturais advindos da detritosfera e drilosfera, como: lignina, celulose, quitina e materiais húmicos.

São modelos complementares e explicam a distribuição, tamanho e função das comunidades mediante condições microclimáticas, disponibilidade de recursos e estruturação dos horizontes dos solos. As principais diferenças entre eles é a escala em que são exemplificados os processos. Na estrutura proposta por Lavelle et al. (1992) a escala onde ocorrem os fenômenos é mais ampla; as esferas são mais conectadas e cada uma delas depende diretamente da participação dos agentes químicos, físicos e biológicos, ou seja, a microfauna, mesofauna e macrofauna são inseridas no modelo como agentes ecológicos e funcionais na estruturação dos solos. No modelo de Beare (1995) as escalas de análise são mais recortadas e específicas, em outras palavras microscópicas e interdependentes; também remetem à importância do papel das faunas, mas refere-se habitualmente aos fenômenos bioquímicos. A figura 2 demonstra os modelos de nichos pedológicos desenvolvidos por Lavelle et al. (1992), Beare (1995) e Marini (2010).

Figura 2 – Sistemas biológicos de regulação e esferas de influência de biodiversidade do solo.

Fonte: Adaptado de LAVELLE et al.(1992), BEARE et al.(1995) e MARINI (2010).

2.3 DIVERSIDADE ECOLÓGICA FUNCIONAL DA PEDOFAUNA

A qualidade e o funcionamento das camadas superficiais dos solos estão diretamente relacionadas às funções ecológicas desenvolvidas pela biota edáfica; em outras palavras, as ações da macro, meso e micro fauna no solo. Da mesma forma que em outros ecossistemas, a diversidade de organismos que habita os solos é elevada e diversa, até porque ele configura as interfaces dos “subsistemas biopedológicos” já discutidas anteriormente. A abundância, variedade e função dos grupos estão associadas à características ambientais, como: microclima, variação da cobertura vegetal, composição da serapilheira, classe de solo e perturbações (LAVELLE & PASHANASI, 1989).

A diversidade das populações influencia processos físicos, químicos e biológicos do solo (BLAIR et al., 1994), ciclagem e disponibilidade de nutrientes como o N, Ca, K, Mg e decomposição e mineralização de resíduos orgânicos (BROWN & SAUTTER, 2009). Diferentes coberturas vegetais também promovem a diversidade funcional da pedofauna uma vez que a composição do dossel e os ciclos de vida das plantas determinam a composição e o montante de resíduo orgânico mantido na superfície do solo (ANTONIOLLI

et al.; 2006). Esse diagnóstico é muito relevante, pois os organismos possuem funções ecológicas específicas, e geneticamente, alteram suas características fisiológicas, para a adaptação a determinado ambiente ou nicho. Na figura 3 são apresentadas as interações dos processos que ocorrem no pedosistema.

Figura 3 – Interações dos processos que ocorrem no sistema pedosistema.

Fonte: Adaptado de GONZALES et al. (2001) e CORREIA (2002).

De acordo com Freitas (2007), Brown et al. (2009) e Baretta et al. (2011) a macrofauna é dividida em mais de vinte grupos taxonômicos. Como exemplares tem-se: Diptera (moscas, mosquitos); Hemiptera, atualmente classificado como Heteroptera (percevejos); Homoptera (cigarra, cigarrinha, pulgões e cochonilhas); Coleoptera (besouros); Orthoptera (gafanhoto, grilo, esperança, paquinha); Blattodea (barata); Dermaptera (tesourinha); Isopoda (tatuzinho de jardim); Diplopoda (gongolo ou piolho de cobra); Chilopoda (lacrarias e centopéias); Araneae (aranhas); Pseudoscorpionida; Opilionida (opiliões); Oligochaeta (minhocas); Hymenoptera (formigas, vespas, abelhas e marimbondos), Lepidopteras (mariposas e algumas espécies de borboletas) e larvas (coleópteros e lepidópteros). A abundância de toda a macrofauna pode chegar a milhões de espécimes por hectare e a biomassa várias toneladas por hectare, embora existam poucos dados sobre biomassa edáfica em locais específicos, como florestas tropicais (BROWN et al., 2001; BROWN et al., 2006a).

Segundo Swift et al. (1979) e Baretta (2007), a biota se classifica por tamanho: em microbiota e microflora (micro-organismos que não serão estudados na presente pesquisa), que são as bactérias, leveduras e hifas de fungos filamentosos e centenas a milhares de outros, com expressiva variação funcional, metabólica, genética, o que os permite ocupar vários nichos ecológicos, por exemplo, os espaços vazios do agregados; em mesofauna que mede de 0,2 a 2 mm de comprimento (ácaros, colêmbolos, pseudoescorpiões, proturos, dipluros, paurópodos, sínfilos, palpígrados e larvas de coleoptera) e tem como função principal a regulação de micro-organismos, decomposição de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (HEISLER & KAISER, 1995) e em macrofauna que medem acima de 2 mm (cupins, formigas, minhocas, besouros, tatuzinhos, aranhas, centopeias, piolhos de cobra, baratas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, etc) e tem como função o revolvimento e distribuição de solo devido seu hábito escavatório, além de fragmentarem os resíduos vegetais e orgânicos, redistribuírem a matéria orgânica, misturarem as partículas minerais e orgânicas, além de produzirem bolotas fecais, que mineralizam o solo (JOUQUET et al., 2006).

Os serviços ecossistêmicos desenvolvidos pela biota edáfica, de acordo com Brown et al. (2001;2009), podem classificar os invertebrados 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, isópteras, diplopodas, homópteras, orthópteras, dípteras, blattodeas, isópodas, pseudo-escorpioes e dermapteras, que são decompositores ou desintegradores, se alimentam de material vegetal ou animal em decomposição; rizófagos e fitófagos (3), coleópteras, isópteras, hymenópteras, hemípteras, homópteras, orthópteras, lepidópteras e blattodeas, que se alimentam de plantas vivas, folhas, raízes e troncos; os predadores (4), coleópteras, hymenópteras, chilopodas, hemípteras, dípteras, aranaes, opiliones, pseudo-escorpiones e dipluras; os onívoros (5), oligochaetas, hymenópteras, orthópteras e blattodeas, que ingerem alimentos de origem animal e vegetal e os parasitas (6), as dipluras, que vivem em simbiose com outros.

Baretta et al. (2011) classificam a macrofauna de acordo com seu hábito alimentar em 2 grandes grupos ecológicos: saprófagos (1), que se alimentam de restos vegetais em estados diferentes de decomposição e se subdividem em detritívoros (1_a): que se alimentam de restos vegetais em decomposição, cadaverícolas (1_b), alimentam-se de animais em decomposição e coprófagos (1_c), alimentam-se de excrementos de outros animais e

biófagos (2), que se alimentam de tecidos vivos e subdividem em: microbióvoros (2_a), alimentam-se de organismos da micro e mesofauna, fungívoros (2_b), alimentam-se de fungos, fitófagos (2_c), alimentam-se de plantas, predadores (2_d) e parasitas (2_e), alimentam-se de animais vivos, aquáticos (2_f) que habitam os poros com água e terrestres (2_g), que habitam a superfície do solo, podendo ser escavadores ou não. Assad (1997) pontua que por meio dos hábitos alimentares dos organismos é possível estimar sua influência nas características do solo, mas é principalmente através do tamanho dos invertebrados, que se define a extensão em que a atividade dos mesmos (alimentação e escavação/movimentação) pode modificar as propriedades do solo (ANDERSON, 1988).

2.4 PRINCIPAIS ENGENHEIROS DO PEDOSISTEMA.

Os serviços ambientais desenvolvidos pelos “engenheiros do ecossistema” (LAVELLE et al.; 1997), tais como: diversidade funcional, hábito alimentar, relação com o tipo de excremento que produzem e adaptação frente à rizosfera, contribuem para a formação dos compostos orgânicos e para a produção de “estruturas biogênicas”, que influenciam diretamente na morfologia dos solos (MELO JÚNIOR, 2012 ; MIKLÓS, 2012). 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.; 1997); quando até 2 cm, os coprólitos podem fazer parte da estrutura dos agregados e influenciar em algumas propriedades pedológicas, como porosidade e densidade (BAL, 1982).

Os minerais e restos vegetais fragmentados e decompostos pelos “transformadores de serapilheira”, colêmbolos e ácaros (LAVELLE et al., 1997), ao entrarem em contato com a saliva dos invertebrados edáficos que é composta de polissacarídeos enrijecem-se e formam uma cera, processo este que influencia na agregação dos constituintes do solo. A composição de resinas orgânicas, explica, por exemplo, a construção de galerias, ninhos, câmaras e estruturas biogênicas, que podem afetar diretamente propriedades físicas dos solos, bem como a disponibilidade de recursos e solutos para outros organismos e para o próprio solo (WOLTERS, 2000; ANDERSON, 2009).

Além da influência da biota em sua composição e formação, os compostos orgânicos encontrados no solo também podem ser produtos da interação solo - planta e consequente ciclagem de nutrientes. Manahan (1997) e Camargo et al. (1999) pontuam que

em torno de 10% a 15% da reserva total do carbono orgânico nos solos minerais é constituída por macromoléculas (proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas e outros), e 85% a 90% pelas substâncias húmicas (ácidos fúlvicos e húmicos). Já o acúmulo de carbono nas frações transitórias da matéria orgânica do solo apresenta grande dinamismo e é influenciado pela composição química (relação C/N), pelo aporte de resíduos ao solo e por aspectos climáticos (ZHONGKUI et al., 2010).

Neste caso, a porção dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao solo pela decomposição da serapilheira, processo que libera ácidos orgânicos e outros compostos que atuam na dissolução de minerais, complexação de elementos e formação de agregados estruturais (KAMPF & CURI, 2012). No quadro 1 é apresentado um resumo adaptado de todos os componentes orgânicos existentes no solo.

Quadro 1 – Componentes orgânicos do solo

Tipo de Componente	Composição	Significado
Húmus	Resíduo da Degradação de plantas, em grande parte C, H e O	Componente orgânico mais abundante, melhora propriedades físicas do solo, troca de nutrientes, reservatório de N fixo
Gorduras , resinas e ceras	Extraídos de lipídios através de solventes orgânicos	Pequena parte da matéria orgânica do solo, pode afetar as propriedades físicas do solo repelindo água, pode ser fitotóxico
Sacarídeos	Celulose, amido, hemicelulose, gomas	Principal fonte de alimento para microrganismos do solo, ajuda na estabilização de agregados do solo
Nitrogênio Orgânico	Nitrogênio ligado ao húmus, aminoácidos e outras composições	Fornecer nitrogênio para fertilidade do solo
Compostos de Ferro	Éster fosfatos, inositol fosfatos (ácido fítico), fosfolipídios.	Fonte de fosfato para a planta

Fonte: MANAHAN (1997).

As minhocas estão dentre os organismos com maior importância ecopedológica (BARTZ et al., 2009_b), além de serem componentes que medem a qualidade dos pedosistemas (FRAGOSO & LAVELLE, 1992). Têm o corpo cilíndrico subdividido em anéis e não possuem antenas. Elas auxiliam na locomoção de outros indivíduos da fauna devido ao seu hábito escavatório, ingerem tanto compostos orgânicos quanto material mineral, interferem na decomposição de resíduos orgânicos (ORTIZ-CEBALLOS et al., 2007) e funcionam como bioindicadoras de qualidade do solo (BROWN & DOMINGUEZ , 2010 ; BARETTA, 2011).

Subdividem-se em três tipos ecológicos principais segundo Lavelle & Spain (2001) e Miklós (2012): epígenas (1), que vivem preferencialmente na serapilheira e não fazem galerias nos solos, anécicas (2), que se movimentam verticalmente e horizontalmente no solo distribuindo constituintes minerais e orgânicos e tem hábito construtor, e as endógenas (3), que se alimentam de matéria orgânica. Hernandez & Castellanos (2000) e Bartz (2011) citam que as minhocas são consideradas organismos pioneiros na conservação da estrutura do solo e na dinâmica de ciclagem de nutrientes devido ao sua biomassa, densidade populacional, tamanho e função ecológica.

Os diplópodes segundo Brown et al. (2001; 2009) 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 e formação do solo (COSTA NETO, 2007). Possuem o corpo cilíndrico, dois pares de antenas e dois pares de patas para cada segmento do corpo. Os chilópodes são predadores (BROWN et al.; 2001; BROWN et al., 2009) e alimentam-se de larvas de besouros e minhocas, mas podem casualmente alterar seu perfil ecológico para detritívoros alimentando-se de material orgânico em decomposição na serapilheira (BUENO-VILLEGAS, 2003). Possuem o corpo achatado, um par de patas para cada segmento e um par de antenas. 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_b). Entretanto, não são apontadas como “engenheiras do sistema” (LAVELLE et al., 1997).

Os coleópteros, a exemplo da família Scarabeidae e Staphylinidae, tem importantes atribuições ecológicas dentro das esferas do solo, a saber: o hábito escavatório que provoca o revolvimento de solo e o hábito saprófago e fitófago, que colabora com a redução de dejetos e resíduos de origem animal e vegetal, facilitando a decomposição e acúmulo de matéria orgânica, este último, tem relação direta com o tamanho dos indivíduos (HORGAN, 2001). Os besouros do tipo “rola-bosta”, da família Scarabeidae, auxiliam a decomposição de resíduos orgânicos, transporte de material orgânico, reciclagem de nutrientes, hidratação e aeração do solo e na dispersão de sementes devido à sua especialidade funcional (detritívora) e hábito escavatório (ALMEIDA & LOUZADA, 2009; SILVA, 2011; BARETTA et al., 2006). A função ecológica desenvolveu sua fisiologia mandibular, que é composta por um aparelho bucal mastigador bem desenvolvido, além disso, são invertebrados

sensíveis às mudanças ambientais, podendo assim ser utilizados como indicadores de qualidade (NICHOLS et al., 2008).

De acordo com levantamento realizado por Rosa (2013), estudos específicos acerca do papel ecológico exercido pela pedofauna têm sido desenvolvidos de forma pontual e configurados por grupos, como por exemplo, para minhocas, por Bartz et al. (2014), Frouz et al. (2013) e Pereira (2012); coleópteras por Silva (2011) e Bains et al. (2013) e isópoda e quilópode por Bains et al. (2013). Na revisão bibliográfica realizada, especificamente em fragmentos florestais urbanos da cidade de São Paulo, foi observada a escassez de inventários de invertebrados do solo, tão quanto, trabalhos que abordassem a discussão acerca da relação da pedofauna com atributos edáficos, microclimáticos e sua função como indicadora de qualidade do solo. Comumente ocorrem nas pesquisas levantamentos de grupos de fauna em ambientes com diferentes tipos de uso de solo e a discussão de sua adaptabilidade nos diferentes sítios. Estudos relacionando a pedofauna, especialmente anelídeos, quilópodes e diplópodes, com a dinâmica de solos ocorrentes em fragmentos florestais urbanos, não foram encontrados, o que justifica o presente estudo de caso.

2.5 BIOINDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.

O conceito de qualidade do solo diferentemente do conceito de qualidade de água e do ar, não possui regulamentações específicas, além disso, é um tema de discussão complexa, pois envolve uma série de atores participativos, como agricultores, ambientalistas, cientistas da ciência do solo, órgãos reguladores, consumidores etc (ARAÚJO et al., 2012). Não existe uma normatização técnica ou concordância teórica acerca do conceito “qualidade do solo” devido à multiplicidade de conexões à ele vinculadas, sejam de ordem social, econômica ou ambiental (DORAN & PARKIN, 1994). Segundo Doran (1997) a definição destaca as funções que o solo pode exercer, como por exemplo: ser um meio para o crescimento de plantas e animais, o agente regulador do fluxo e transporte de matéria, que cicla nutrientes, produz biomassa e promove a qualidade da água. De acordo com Vezzani (2001) e Vezzani e Mielniczuk (2009) o conceito integra as propriedades biológicas, físicas e químicas, que permitem o solo a funcionar em sua totalidade, portanto compreende os aspectos biológicos, químicos, hidrológicos e geológicos do solo (SPOZITO; ZABEL, 2003).

Larson e Pierce (1994) e Baretta (2001) propõem alguns atributos edáficos físicos, químicos e biológicos para avaliação da qualidade do solo. Os atributos físicos citados

pelos autores, como textura, densidade e infiltração, não serão tratados nessa pesquisa. No que se refere aos atributos químicos menciona-se a importância da avaliação do teor de Carbono Orgânico (C.O), pH (CaCl_2) e concentração de macronutrientes como P, K, Ca e Mg que indicarão a produtividade e qualidade do solo, como também a adaptabilidade das espécies de fauna frente às condições edáficas do local. Já em relação aos atributos biológicos, a análise dos exemplares da pedofauna propriamente ditos, especialmente minhocas, quilópodes, diplópodes e coleópteros (famílias Carabidae e Staphylinidae) que produzem estruturas pedogênicas, biogênicas, galerias e túneis, redistribuem material orgânico e mineral, modificam porosidade, compactação e aeração.

Geissen e Guzman (2006) relatam que a matéria orgânica e a acidez do solo foram os atributos que tiveram maior influência sobre a biota do solo. Bandeira e Harada (1998) observaram correlação negativa entre o pH e os macroinvertebrados (Formicidae, Coleoptera, Diplopoda, Chilopoda e Oligochaeta) em solos da Amazônia Central, porém, relatam existir uma relação direta entre fator pH e matéria orgânica, em que valores elevados de matéria orgânica, implicam em valores baixos de pH. Lavelle (1995) cita que os organismos podem se adaptar às diferentes condições de acidez. Por fim, sobre a relação da fauna com os nutrientes, Baretta et al (2011) apontam que os exemplares de fauna tem relação direta com a elevada concentração de matéria orgânica e no caso do grupo Hymenoptera, Coleoptera e Diplopoda, biodisponibilidade elevada para teores de P e K.

O termo bioindicador vem sendo usado para avaliar condições de alteração de habitat, contaminação, biodiversidade, degradação ambiental e mudanças climáticas (WINK et al., 2005). Os organismos bioindicadores, irão funcionar como parâmetros de comparação da fauna de acordo com cada ambiente estudado, seja ele natural ou manejado, podendo ser usados para avaliar biodiversidade, inventariar populações, estudar as atividades biológicas desenvolvidas, como também mensurar a qualidade do pedosistema ou do ambiente (LAVELLE et al., 2006). De acordo com Baretta et al. (2011) os indicadores podem incluir grupos de espécies, ou mesmo famílias, que estão diretamente relacionadas à um determinado agente ou fator impactante, por exemplo: condição física como clima e umidade, condição química do solo como pH e teor de matéria orgânica, macro e micro nutrientes, ao grau de compactação do solo, concentração de algum contaminante químico etc. Juntas, essas caracterizações representam uma importante ferramenta na avaliação da qualidade ambiental dos solos.

Estudos que adotam a pedofauna como indicadora de qualidade são recentes; a exemplo no Brasil, podemos citar a pesquisa de Bartz et al.(2014), Rosa (2013) e Pereira (2012) com minhocas, Baretta (2007) com minhocas, aranhas e colêmbolos, Baretta et al. (2006) com coleópteros e Dunxião et al. (1999) com diplópodes. Esforços em pesquisa foram desenvolvidos, revelando que a maior diversidade de invertebrados mantém o funcionamento do solo por um intervalo maior, sendo uma importante ferramenta de verificação e mensuração para a qualidade ambiental (LAVELLE et al., 2006). As adaptações ou especializações dos organismos que compõem a biota do solo não podem ser separadas do ambiente natural no qual ela vive. Tais alterações na forma e função “(...) ajustam os organismos a intervalos específicos de condições ambientais. Aqueles que têm uma abrangência relativamente estreita de tolerância são chamados especialistas; aqueles que têm um intervalo amplo de tolerância são chamados generalistas” (RICKLEFS, 2009).

A justificativa para o uso de bioindicadores, segundo Vos et al. (1985), é que eles fornecem sinais rápidos para problemas ambientais; permitem identificar causas e efeitos dos estressores ambientais; relacionam as modificações ambientais com as respostas estatísticas e permitem avaliar as ações mitigadoras. Spellerberg (1991) diferencia os bio-exemplares em cinco grandes grupos, sendo eles: espécies sentinelas (1), organismos sensíveis que oferecem um panorama do nível de degradação; detectoras (2), espécies que ocorrem naturalmente na área estudada e que apresentam mudanças na densidade; exploradoras (3), espécimes cuja presença indica probabilidade de distúrbio ambiental; acumuladoras (4), organismos que acumulam substâncias químicas em quantidades que possam ser detectadas) e bioensaios (5), exemplares selecionados para detectar níveis de toxicidade. No caso da utilização de minhocas como bioindicadores, a nomenclatura é atribuída de acordo com o seu local de origem, por exemplo: espécies nativas (1) são as próprias do Brasil; exóticas (2) são nativas de outros países; invasoras (3) são as espécies exóticas que colonizaram ambientes diferentes do seu habitat de origem e nativas peregrinas (4), espécies nativas que possuem alto potencial de dispersão (BROWN et al., 2006 e STEFFEN,2012).

Para Doran & Parkin (1996): os indicadores deveriam estar associados aos grandes processos do ecossistema (1); integrar propriedades físicas, químicas e biológicas (2); ser acessível a muitos usuários e aplicável a condições de campo (3); ser sensível a variações de manejo e clima e quando possível (4) e fazer parte do banco de dados (5). Luff & Hutson (1977) sugerem indicadores de estágios temporais de desenvolvimento da população edáfica,

sendo eles: imigração (1), estabelecimento da população (2) e manutenção da população (3), o que demonstrará relação da função exercida pela comunidade com a variável tempo. E para Heydermann (1983) as comunidades de invertebrados devem buscar o equilíbrio entre variação populacional e modificações das características do entorno, onde as que conseguirem adaptação bem sucedida podem então serem chamadas indicadoras.

A fauna mostra-se sensível à alterações físicas, químicas e biológicas. A compactação, por exemplo, minimiza a ação de ácaros, minhocas, formigas e aranhas, na construção de dutos e galerias (MOÇO et al., 2005); o revolvimento dos horizontes superficiais interfere diretamente no aumento da temperatura do solo, no impacto da gota de chuva, na infiltração e disseminação do fluxo hídrico, diminuição na oferta de alimentos e distribuição da matéria orgânica, o que promove o decréscimo nas populações; a utilização de fertilizantes e resíduos orgânicos também altera a diversidade dos organismos (MOÇO et al.; 2005); queimadas, degradação de áreas nativas e contaminação do solo diminuem as comunidades (BARETTA, 2007); formas de manejo, especialmente os que utilizam aeração, causam impacto pois modificam a estrutura do solo, porém, para o plantio direto a lógica é inversa, pois o solo é minimamente revolvido (BARETTA et al.; 2006); variações de cobertura vegetal também influenciam os hábitos ecológicos da fauna uma vez que determinam as taxas de formação dos resíduos orgânicos e serapilheira (ANTONIELLI et al., 2006).

Os organismos edáficos podem apontar respostas rápidas em termos das alterações e mudanças que os ambientes enfrentam (BARETTA et al.; 2011). O entendimento dessas transformações ambientais, somados à abundância, ocorrência e diversidade dos organismos, demonstra que o uso dos indicadores biológicos para mensuração da qualidade de solos é um instrumento importante para a compreensão de processos ecológicos que ocorrem nos solos presentes em sistemas em fase de regeneração.

2.6 RESPOSTAS DA PEDOFAUNA AOS ATRIBUTOS DO PEDOCLIMA.

De acordo com Lavelle & Sapain (2001), a temperatura interna do solo e o regime hidrológico definem o pedoclima. As variações do solo em termos de latitude, altitude, taxa de precipitação e cobertura vegetal fazem com que o microclima do solo seja tão distinto quanto o da superfície. É geralmente subordinado ao clima externo, mas essa relação se enfraquece à medida que a profundidade aumenta. A água presente no solo promove tanto

transformação física de materiais de origem e transporte de partículas sólidas, como também hidrólise e dissolução de componentes orgânicos e inorgânicos, dois processos importantes na formação do solo. O fluxo de água é determinado pela textura e estrutura dos solos, uma vez que os poros de solos bem drenados são quase que totalmente cheios de água, seja no estado líquido ou vapor. Nesse aspecto, os anelídeos, coleópteras, quilópodes e diplópodes contribuem diretamente para a entrada de água no pedosistema, já que aumentam a porosidade biológica do mesmo, através da sua locomoção e da construção de galerias e túneis (LAVELLE & SPAIN, 2001).

A temperatura do solo está diretamente relacionada ao balanço de energia na superfície. Solos com cobertura vegetal interceptam a radiação incidente e reduzem a troca convectiva entre o solo e a atmosfera. A transmissão do calor recebido pela superfície às camadas inferiores depende de diversos fatores, como tamanho da partícula do solo, densidade, quantidade de matéria orgânica e, principalmente, teor de água, devido a sua capacidade térmica (LAVELLE & SPAIN, 2001). A variação diária da temperatura do solo na superfície segue, em geral, um padrão sinusoidal e produz uma onda que se propaga no solo, que é atenuada pela profundidade. A taxa de penetração da onda de energia térmica no solo é relativamente lenta, fazendo com que a máxima diária em profundidade seja significativamente menor que a da superfície.

No caso dos exemplares da pedofauna subsuperficial, a temperatura e umidade do solo interferem diretamente no seu deslocamento horizontal e vertical e na função ecológica desenvolvida pelos organismos (BANDEIRA e HARADA, 1998); consequentemente, a diminuição ou aumento da biopedoturbação, modificam as interações que ocorrem nas esferas do solo, como alimentação seletiva, decomposição e mineralização do pedosistema. Por fim, as variações de umidade e temperatura, alteram o posicionamento das esferas de influência ou micro-sítios (detritosfera, drilosfera, porosfera, agregatosfera e rizosfera) o que resulta no decréscimo, desaparecimento ou aumento da diversidade e biomassa. A retirada de vegetação nativa, por exemplo, pode contribuir para a velocidade desse processo, uma vez que a ausência de cobertura vegetal interfere na diminuição do aporte de serapilheira, que é um habitat e fonte de alimentação para alguns indivíduos da macrofauna aérea; além disso, provoca o aumento da taxa de insolação sobre o solo, o que influenciará no acréscimo da temperatura de superfície e profundidade.

O aumento e diminuição da ocorrência de alguns grupos frente a alteração de ambiente (secos e úmidos) e as estações do ano, estão relacionados à grande sensibilidade da

maior parte das espécies da macrofauna às condições climáticas (NUNES et al., 2008; SIMPSON et al., 2012), principalmente ao que se refere à influência da umidade (HOLMSTRUP et al., 2012). Variações de temperatura e umidade ao longo das estações do ano são fatores que influenciam a densidade, diversidade e abundância da fauna edáfica (FERNANDES et al., 2011). Merlim et al. (2005) verificaram que as características químicas e físicas do solo, aliadas às condições climáticas, contribuíram para as alterações na densidade e na diversidade da comunidade de larvas de coleópteros do solo em ecossistemas de *Araucaria angustifolia*, o que também funcionou para ecossistemas de Mata Atlântica urbanos estudados. Segundo Moço et al., 2005, ocorre também a movimentação ou migração dos invertebrados para ambientes mais vantajosos, o que salienta a importância da dinâmica de bioturbação, para a estruturação dos horizontes pedológicos.

2.7 RELAÇÃO DA PEDOFAUNA COM A ESTRUTURAÇÃO DOS HORIZONTES PEDOLÓGICOS.

Ferreira (2010) conceitua estrutura do solo como “o arranjo das partículas do solo e do espaço poroso entre elas, incluindo ainda o tamanho, forma e arranjo de agregados formados quando partículas primárias se agrupam em unidades inseparáveis”. Ou seja, mesmo na ausência dos agregados do solo, as partículas presentes desenvolverão um novo ajuste, constituindo a estrutura como uma propriedade dinâmica. Uma simples alteração na disposição das estruturas constituintes do solo influenciará no espaço poroso e consequentemente nos processos que ocorrem dentro do solo. Os tipos de estruturas particulares que compõem as classes de solos são decorrência dos processos de evolução do solo, em outras palavras, os fatores de formação (clima, organismos, tempo, material de origem e relevo), podendo todos atuar em maior ou menor grau na formação de determinadas estruturas.

No manual classificatório de solos dos Estados Unidos, Soil Taxonomy (USDA, 1975), é detalhado que o material de formação das classes Vermiborolls, Vermudolls e Vermustolls, possui 50% de seu volume constituído por dejeções de minhocas, galerias e ação de outros organismos representantes da fauna (MELO-JÚNIOR, 2012). Entretanto, não é observado no conteúdo dos manuais de classificação de solo brasileiros, que em regiões tropicais, a interação intensiva entre organismos, clima e serapilheira (MOREIRA et al., 2008; 2010), possam desenvolver novas estruturas pedológicas nos horizontes. Também não é

mentionado do nos manuais, que estruturas biogênicas (MIKLÓS, 2012) produzidas pela biota edáfica, como: montículos e bolotas fecais, agregados menores (depósitos na superfície), macroporos e câmeras (ANDERSON, 1998; AQUINO, 2001; MOREIRA et al., 2008) sejam parte do material de formação de classes de solos.

Na avaliação da estrutura do solo dimensiona-se: a capacidade de crescimento das plantas, emergência de plântulas, o equilíbrio funcional entre as esferas do solo, funções ecológicas exercidas pela fauna, porosidade, distribuição dos poros por tamanho, rigidez, capacidade de permeabilidade e retenção de água, aeração e estabilidade das estruturas (FERREIRA, 2010). Especificamente, no caso dos macro e micro poros, sistema radicular e consequente ciclagem de nutrientes e percolação das águas, pode-se estabelecer um paralelo com a macro fauna dos solos, especialmente as minhocas, coleópteros, larvas de coleópteros, diplópodes e quilópodes justamente por seus hábitos particulares.

O entendimento de características taxonômicas e fisiológicas da pedofauna, das inter-relações ocorridas nos micro-sítios do solo, dos papéis ecopedológicos da fauna, dos hábitos alimentares e interações exercidos pelos espécimes e dos requisitos biogeoquímicos necessários para a estabilidade do sistema solo, são importantes para a compreensão de como os horizontes superficiais se estruturam (VARGAS & HUNGRIA, 1997). Por exemplo, as minhocas, através de seu tamanho podem romper horizontes minerais e orgânicos do solo ao se alimentar, deslocar e construir pedotúbulos e bioporos (ANDERSON, 1988; MELO JÚNIOR, 2012). Já os coleópteros, larvas de coleópteros (corós), quilópodes e diplópodes, por meio de sua cabeça, estrutura mandibular e patas, podem tomar caminhos entre a serapilheira, vegetação e solo, que não estariam disponíveis à outros exemplares da fauna (HOPKIN & READ, 1992).

A caracterização de indicadores biológicos, físicos e químicos dos solos pode informar importantes considerações a respeito da estrutura do solo e sua granulometria. Doran & Parkin (1994) e Pereira (2012) citam que a atividade biológica e microbiana do solo, e o crescimento de raízes tem relação direta com o pH, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), teor de fósforo (P), termos de nitrogênio (N), teor de potássio (K), condutividade elétrica e saturação por alumínio e bases. Em relação aos parâmetros físicos, os autores pontuam que densidade, porosidade, estabilização de agregados e retenção de umidade são indicadores físicos de retenção de água, transporte de água e soluto, percolação de água, armazenamento e disponibilidade de água e porosidade. Por fim, os indicadores biológicos: biomassa microbiana, mineralização de nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S),

respiração do solo, fixação biológica de N_2 e atividade enzimática se relacionam com o solo através da reposição e suprimento de nutrientes, atividade microbiana e suprimento de N para as plantas (DORAN & PARKIN, 1994).

2.8 OBJETIVOS

2.8.1 Objetivo Geral

O objetivo do projeto consiste em avaliar a macro fauna edáfica como indicadora de qualidade em solos de fragmentos florestais urbanos da cidade de São Paulo (Parque Cientec, Parque Estadual da Cantareira e Parque Estadual do Jaraguá).

2.9.2 Objetivos Específicos

1. Averiguar a relação da biomassa ($g.m^2$) e abundância ($ind.m^2$) dos organismos edáficos por profundidade (0 – 30 cm) com variações de temperatura do ar e do solo, precipitação acumulada e umidade;
2. Verificar a correlação entre os atributos químicos do solo (pH, C.O, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, V% e m %) com a biodiversidade edáfica em ambientes contrastantes (seco e úmido);
3. Identificar ao nível de espécie pelo menos um grupo dos invertebrados do solo coletado e avaliar através da espécie, função ecológica e tipo de bioindicador.
4. Realizar um levantamento quantitativo com vistas a avaliar os índices de riqueza, dominância e equabilidade das espécies através de análises estatísticas.

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

3.1 MATERIAIS

Para a elaboração dos mapeamentos e confecção de ilustrações foram utilizadas bases de dados e imagens digitalizadas do Centro de Estudo da Metrópole – CEM/USP (2014), do Mapa de Uso e Ocupação do solo na Região Metropolitana de São Paulo da Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo – EMPLASA (2006), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), do Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010), do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009) e do livro “Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo” (2002).

Na avaliação climática foi utilizada uma série anual de dados que se iniciou em dezembro de 2013 e finalizou-se em novembro de 2014 e uma série semanal relativa às datas de coletas dos monólitos. Foram avaliados os seguintes parâmetros: precipitação, umidade, temperatura do ar e temperatura do solo. Para o parque Cientec, foram utilizados dados da Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG/USP e para os parques Cantareira e Jaraguá, foram utilizados dados da Estação Normal Climatológica do Mirante de Santana do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Foram coletadas 108 amostras de solo posteriormente analisadas no Laboratório de Solos da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Os instrumentos para retirada, armazenamento e identificação das amostras foram: trado, trena, faca, pá francesa, cavadeira reta, cavadeira articulada, sacos plásticos de 500g, etiquetas, bandejas e caneta. Também diretamente relacionado às atividades de campo cita-se a importância do Sistema de Posicionamento Global – GPS, ferramenta imprescindível que direcionou a delimitação da parcela amostral e o posicionamento de monólitos e dos locais onde foram retiradas as amostra de solo. Seu uso se justifica uma vez que os pontos obtidos geram matrizes digitais e consequentemente ilustrações e mapeamentos.

A coleta dos organismos da pedofauna subsuperficial totaliza 54 amostras que foram triadas manualmente com auxílio de bandejas, pinças, luvas e recipientes para armazenamento. Para a extração, caracterização e identificação dos organismos foram utilizadas: luvas, pinças, bandejas, lupas de mão, microscópios, balança, potes de plásticos para armazenamento, álcool 92% e chaves taxonômicas. Por fim, para a quantificação e inter-

relação entre os dados biológicos e edáfico-ambientais são utilizados índices estatísticos e recursos apresentados pelo programa Excel, como gráficos e planilhas.

3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

3.2.1 Levantamento e Pesquisa Bibliográfica

Foram encontradas referências nas seguintes bibliotecas, laboratórios e museus: Biblioteca do Departamento de Geografia, Laboratório de Pedologia e Laboratório de Climatologia e Biogeografia – USP, Biblioteca do Instituto de Geociências – USP, Biblioteca do Instituto de Biociências – USP, Biblioteca do Instituto de Biociências da UNESP de Rio Claro, Biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, Museu de Zoologia – USP e Laboratório de coleções zoológicas do Instituto Butantan. Também foram utilizados como referências: Manuais e Documentos Técnicos da Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), anais de congressos e periódicos nacionais e internacionais.

3.2.2 Elaboração de Material Cartográfico

As cartas e mapas temáticos são ferramentas de fundamental importância para a interpretação e descrição de fenômenos e unidades distinguidas em diferentes escalas e subordinações hierárquicas, além de espacializar aspectos e atributos da paisagem e oportunizar associações e o entendimento de ocorrências e eventos (EODRIGUEZ, SILVA & CAVALCANTI, 2002; MARTINELLI, 2003). Dessa forma, o auxílio de ferramentas do geoprocessamento foi fundamental na preparação e elaboração de uma base de dados georreferenciada e consistente, capaz de dar suporte à execução do trabalho cartográfico presente nesta pesquisa.

Desde o início foi priorizado o uso de informações públicas e de livre acesso via internet na composição deste banco de dados; da mesma forma, sempre que possível buscamos criar novos dados via vetorização, correlação, modelagem entre outros processos dentro do escopo do geoprocessamento. Como instrumental primordial para a compilação das informações foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas. Dentre os três grandes propósitos dos SIGs, a saber, o input de dados, o processamento de dados e o output (mapas) de Informação, beneficiamo-nos particularmente com o Input de Dados e Output de

Informação geolocalizada. Toda a formatação do banco de dados foi elaborada em softwares livres e gratuitos como Quantum GIS e Spring.

A edição dos dados, bem como o georreferenciamento das imagens, finalizações gráficas e adequações de elementos estéticos, foram realizados no Software Quantum GIS, mais especificamente pelos módulos Georeferencer GDAL 3.1.9 e os módulos de Geometria deste software. As fontes de dados de origem CAD foram processadas e exportadas para ambiente GIS via o software CAD gratuito MSCad. Posteriormente, para o melhor acabamento do output de informação (mapas) e para processamentos mais elaborados, bem como a vetorização de algumas informações foi utilizada uma versão de avaliação do software Geomedia Professional 6.1. Nessa ferramenta, utilizamos os auxílios de construção vetorial (Construction Aids), como desenho assistido por coordenadas, captura de vértices e etc, para criar algumas camadas de informações cuja disponibilidade se restringia ao analógico. Do mesmo modo, o layout de impressão foi também elaborado com o auxílio desta ferramenta. Foram confeccionados os seguintes produtos cartográficos: mapas de localização, mapas de design amostral, mapas de vegetação, mapas hipsométrico, mapas pedológico e mapas síntese.

1. **Mapas de Localização:** nos mapas de localização são encontradas, além de informações a respeito da delimitação dos parques, sua localização dentro da cidade de São Paulo, eixo de logradouros, redes de drenagem, limites dos distritos da cidade de São Paulo e limite dos municípios da região metropolitana de São Paulo (RMSP). Foi desenvolvido na escala 1:125.000 para que as áreas estudadas pudessem ser observadas através de um viés regional.

2. **Mapas de Design Amostral:** nos três parques delimitou-se uma área fixa de 1,7 hectares por parcela amostral, sendo essa demarcação estabelecida em dois ambientes físicos diferentes, próximo à drenagem e longínquo à drenagem. Nos mapas encontram-se informações acerca dos cursos d'água e curvas de nível presentes, limites da área de amostragem, bordadura e distâncias entre os pontos de coleta TSBF e pontos de coleta de solos para análise química. Foram utilizadas escalas de detalhe 1:700, 1:725, 1:950, 1:945 e 1:910, para que se pudesse observar a parcela amostral minuciosamente.

3. **Mapas de Vegetação:** foram desenvolvidos segundo as classes de vegetação propostas pelo IBGE (2012) e são apresentados nas escalas 1:15.000 e 1:30.000. O parque CienteC apresentou sete tipos de fisionomias, sendo elas: floresta com dossel homogêneo denso, com dossel descontínuo/degradado, com dossel homogêneo e esparsos, dossel

heterogêneo e porte alto, dossel heterogêneo e porte baixo, arvoretas/plantação e formação vegetal de estrato arbustivo e formação vegetal de estrato herbáceo. O Parque Cantareira possui portes arbóreos de vegetação variando entre alto, médio e baixo, estrutura de dossel uniforme e desuniforme com pouca, média e forte alteração, porte herbáceo com alteração principalmente nas drenagens e áreas com plantios de várias espécies, totalizando 14 fisionomias. E por fim, o parque Jaraguá, com 10; que varia entre portes arbóreos de vegetação alterando entre alto, médio e baixo, dossel uniforme e esparsa, árvores emergentes com muita e pouca alteração, vegetação arbustiva herbácea esparsa e com alteração, reflorestamento com eucaliptos, savana arborizada, área bosqueada e formação pioneira com influência fluvial herbácea.

4. **Mapas Hipsométricos:** a atual classificação se deve aos intervalos apresentados pelos patamares formados ao longo do perfil topográfico, assim escolheu-se como intervalos, a ponderação das cotas máximas e mínimas nos três parques, de 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050 metros. Procurando obter uma melhor visualização do relevo, o mapa hipsométrico aparece sobreposto ao modelo tridimensional sombreado com uma transparência de 45% e nas escalas 1:15.000 e 1:30.000. Desta maneira, as informações de altitude são combinadas com as informações referentes às feições mais específicas do relevo.

5. **Mapas Pedológicos:** o mapa pedológico do parque CienteC não pôde ser confeccionado, pois não há levantamento pedológico da área que permita sua caracterização e distribuição, motivo pelo qual as classes de solo não foram identificadas no mapa síntese do CienteC. No relatório de levantamento do meio físico do PEFI realizado por Fernandes et al. (2002), é mencionada a predominância dos Latossolos Vermelho - Amarelos para a área através de estudo realizado por Struffaldi – De – Vuono (1985), além disso, é citada a análise de uma topossequência estudada por Forti (2000), onde discriminou –se os horizontes latossólicos, argilosos e hidromórficos. Como fundamentação teórica para a discussão das classes de solo e para fins de ilustração, será utilizada na dissertação as referências e resultados das pesquisas citadas acima.

Os mapas pedológicos do parque Cantareira e Jaraguá foram construídos nas escalas 1: 15.000 e 1:30.000 tendo como base o Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009) e Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010), que seguem a descrição pedológica da Embrapa (2013). No Cantareira, ocorreram 6 classes principais de solo a variar pelo relevo e rocha matriz, são elas: associação Latossolo Vermelho - Amarelo com Cambissolo Háplico em terreno suave ondulado, associação Cambissolo Háplico com

Gleissolo Háplico em planícies fluviais e terrenos planos, associação Cambissolo Háplico com Latossolo Amarelo em relevo montanhoso com declive acentuado, associação Cambissolo Háplico com Latossolo Vermelho - Amarelo em relevo de morro e montanha em migmatito e micaxisto, associação Cambissolo Háplico com Latossolo Vermelho - Amarelo em relevos ondulados de morros e montanhas , sobre granitos e Cambissolo Háplico em terreno pedregoso e rochoso, sobre granito. No parque Jaraguá ocorreram quatro classes de solo: Argissolos em associação com Cambissolo, Latossolos Vermelho - Amarelos, Neossolos Litólicos e afloramentos rochosos e Neossolos Flúvicos e associação com Gleissolos.

6. **Mapas Sínteses:** tendo como objetivo central do trabalho a relação de parâmetros analíticos nas áreas de amostragem, tais como: tipos de vegetação, altimetria, classes de solo e presença ou ausência de drenagem, elaborou-se uma carta síntese, onde todos os fatores analisados pudessem ser observados conjuntamente através de um recorte local. Para tal, foi desenvolvida a carta nas escalas 1:2.000; 1:2.500 e 1:3.500 que contextualizarão os leitores do trabalho com o escopo pretendido.

3.2.3 Confeção da unidade experimental

Buscou-se por fragmentos florestais urbanos que tivessem o mesmo histórico de manejo e uso do solo, com tipos semelhantes de microclima, cobertura vegetal, classes de solos e altimetria, se comportando, portanto, como réplicas verdadeiras. A preocupação com áreas correlatas se deu na busca de promover melhores correlações entre os parâmetros ambientais, químicos e biológicos. Nos três sítios (Cientec, Cantareira e Jaraguá), delimitou-se uma área fixa de 1,7 hectares por parcela amostral, sendo essa demarcação estabelecida em cotas altimétricas aproximadas (780 e 860m) e em dois ambientes físicos diferentes, próximo à drenagem e em áreas secas com mata e serapilheira. Obedecendo ao critério da relação com a drenagem, foram instaladas aleatoriamente duas parcelas de área fixa onde foram delimitados 09 pontos equidistantes 30 m entre si, respeitando área de bordadura de 20m, para evitar a autocorrelação entre os pontos. Todos os pontos de amostragem foram geo – referenciados (GPS) para posteriormente gerarem uma matriz de dados digitais, que culminou no mapa de design amostral. Em termos totais, temos então 9 pontos x 18 amostras de solo x 2 parcelas x 3 parques, resultando em 54 monólitos e 108 amostras de solo, como pode ser observado nas figuras 4, 5, 6 e 7. Os pontos de coleta TSBF totalizaram um volume total de 1,5 metros cúbicos e um peso de 2.000 kg de solo escavado.

Figura 4 – Parcela amostral do parque Cientec.

Fonte: Mapa de uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2006), Centro de Estudos da Metrópole (CEM) e dados coletados em campo, adaptado pelo autor.

Figura 5 - Parcela amostral do parque Cantareira em ambiente seco.

Fonte: Mapa de uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2006), Centro de Estudos da Metrópole (CEM) e dados coletados em campo, adaptado pelo autor.

Figura 6 - Parcela amostral do parque Cantareira em ambiente úmido.

Fonte: Mapa de uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2006), Centro de Estudos da Metrópole (CEM) e dados coletados em campo, adaptado pelo autor.

Figura 7 - Parcela amostral do parque Jaraguá.

Fonte: Mapa de uso e Ocupação do Solo da RMSP (EMPLASA, 2006), Centro de Estudos da Metrópole (CEM) e dados coletados em campo, adaptado pelo autor.

3.2.4 Coleta, identificação e quantificação da pedofauna

A técnica utilizada para coleta da pedofauna subsuperficial foi o TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility Method), descrito por Anderson & Ingram (1993) e Aquino (2001). É recomendado para esta técnica um mínimo de 5 amostras para cada ha, utilizando monólitos de 25 x25 x30 cm, com a remoção do solo seja feita em fatias, iniciando na serapilheira e nos intervalos de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm . Na pesquisa, a parcela amostral possui 1,7 ha, que acomodaram 9 coletas de TSBF por ambiente (seco e úmido), totalizando 54 monólitos. A atividade biológica, segundo Baretta et al. (2005), é altamente concentrada nos primeiros 10 cm de profundidade do solo, o que explica o cuidado que se deve ter em observar os horizontes superficiais e o método de captura utilizado (ANTONIELLI et al.; 2006).

A técnica TSBF foi adaptada devido à grande quantidade de raízes superficiais encontradas nas áreas de amostragem (Figura 8), o que resultou na alteração de suas dimensões para 30 cm x 30 cm x 30 cm. A abundância dos organismos é apresentada em indivíduos por m² (Ind.m²), o que significa que a área original de cada TSBF (0,09 m²) foi expandida para 1 m² (unidade padrão utilizada). Para se obter o total de indivíduos por 1 m² é necessária a multiplicação dos valores encontrados por 11,11 (resultado da operação 1m²/0,09m²). A unidade Ind.m² equivalerá para todos os organismos coletados, dentre os quais aracnídeos, corós, coleópteros, anelídeos, diplópodes e quilópodes, enquanto que a unidade minhocas.m² se referirá somente aos anelídeos coletados. As coletas foram realizadas por ambientes e em datas diferentes; no parque Cientec, em ambiente úmido dia 02/10/2014 e em ambiente seco dia 25/10/2014, no parque Cantareira, em ambiente úmido dia 03/10/2014 e em ambiente seco dia 21/09/2014 e no parque Jaraguá, em ambiente úmido dia 18/09/2014 e em ambiente seco em 20/09/2014.

Figura 8 – Técnica TSBF modificada.

Fonte: PATUCCI (2014).

A coleta dos invertebrados visíveis a olho nu foi feita logo após a identificação para evitar a perda de características fisiológicas. Durante o processo, colocaram-se os espécimes coletados em uma bandeja e, cuidadosamente, com a ajuda de uma pinça, os exemplares da biota foram pesados para obtenção da biomassa fresca total (g de peso fresco por m²) e, por fim, repassados para um recipiente plástico devidamente identificado contendo álcool 92%. Com o auxílio de lupa e microscópio foram classificados, agrupados pelos táxons em grandes grupos e contabilizados (PAPAVERO, 1994). Quando possível, foram identificados ao nível de famílias, tribos e espécies, classes encontradas com maior abundância e importância ecológica.

3.2.5 Emprego dos indicadores

Para a utilização de indicadores de qualidade do solo adotou-se como premissa os critérios norteadores estabelecidos por Doran & Parkin (1996) e Araújo et al. (2012): estarem associados aos processos naturais do ecossistema (aspecto de funcionalidade) (1); integrarem propriedades químicas e biológicas (2); serem de fácil utilização em campo, de modo que tanto especialistas como agricultores/produtores consigam utiliza-los (aspecto de praticidade) (3); serem sensíveis a variações de manejo e clima (aspecto dinâmico) (4) e fazerem parte do banco de dados (5). Os indivíduos do grupo annelida foram categorizados ecologicamente e qualitativamente, de acordo com os critérios expostos abaixo.

As minhocas foram avaliadas de acordo com sua função ecológica e foram caracterizadas como: transformadoras de serapilheira (epigéicas) que produzem estruturas orgânicas menos persistentes ou engenheiras do ecossistema (endogeicas e anécicas), que

constroem galerias e produzem estruturas organominerais resistentes. Também foram classificadas pela sua localidade na estratificação do solo, a saber: epígeas ou epigéicas que se localizam na superfície do solo, são detritívoras por ter a serapilheira como base alimentar e normalmente são pigmentadas; espécies endogéicas que se encontram nos horizontes minerais do solo (0 – 40 cm), são geófagas por alimentar-se de solo, são despigmentadas e constroem as galerias permanentes e semi-permanentes, ou espécies anécicas, que vivem abaixo dos 40 cm de solo e em galerias verticais, onde através das galerias, se alimentam de solo e serapilheira (BROWN & JAMES, 2007; STEFFEN, 2012).

Foram consideradas as seguintes denominações para as espécies de minhocas encontradas nos sítios: nativa (1), exótica (2), invasora (3) e nativa peregrina (4), para classificar os organismos de acordo com seu local de origem. Espécies nativas são aquelas próprias do Brasil; exóticas são aquelas nativas de outros países; invasoras, as espécies exóticas que colonizaram ambientes diferentes do seu habitat de origem e nativas peregrinas, espécies nativas que possuem alto potencial de dispersão (BROWN et al., 2006 ; STEFFEN, 2012).

Quanto à sua funcionalidade como bioindicadora de qualidade do solo, as minhocas foram qualificadas de acordo com as caracterizações pontuadas por Spellerberg (1991): espécies sentinelas (1), organismos sensíveis que oferecem um panorama do nível de degradação; detectoras (2), espécies que ocorrem naturalmente na área estudada e que apresentam mudanças na densidade; exploradoras (3), espécimes cuja presença indica probabilidade de distúrbio ambiental; acumuladoras (4), organismos que acumulam substâncias químicas em quantidades que possam ser detectadas) e bioensaios (5), exemplares selecionados para detectar níveis de toxicidade.

Procurou-se então, avaliar atributos edáficos que: respondam de forma rápida alterações pelas quais o solo transita, possam ser avaliados pela maioria dos laboratórios e/ou taxonomistas brasileiros, sejam de baixo custo, façam parte do banco de dados nacional (<http://www.biota.org.br/>) e (<http://www.icmbio.gov.br/portal/servicos/geoprocessamento.html>), que tenham distribuição universal e que possam ser utilizadas por agricultores e pessoas que dependam de recursos do solo para sobreviver (BARETTA, 2007 apud ZILLI et al., 2003).

3.2.6 Análise química dos solos e características climáticas

Foram retiradas 108 amostras de solo (18 amostras x 2 ambientes x 3 parques) para avaliação química com o objetivo de verificar e monitorar a qualidade nutricional das áreas onde foram coletados os monólitos. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) segundo procedimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999). Os parâmetros analisados foram: pH (H₂O), pH (KCL), P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica), V % (saturação por bases), m % (saturação por Al) e matéria orgânica. Para avaliação da estrutura e porosidade do solo, foram utilizados os critérios propostos por Santos et al. (2005) e a avaliação dos resultados por sítio e ambiente seguiram os critérios qualitativos de Raij et al. (1997).

Dentre os parâmetros analisados, dar-se-á um foco maior na avaliação da matéria orgânica, pH e teor de nutrientes, uma vez que os mesmos podem influenciar no estabelecimento de populações edáficas sub-superficiais, especialmente as do grupo Annelida (BROWN, 2006_b; BARTZ, 2011). A matéria orgânica no solo, fonte de alimento para a fauna subsuperficial, por exemplo, expressa-se como um sistema complexo de substâncias; a sua movimentação é coordenada pela adição e perdas de resíduos orgânicos e por uma transformação contínua influenciada pela ação de fatores biológicos, químicos e físicos (CAMARGO et al., 1999). Segundo Barros et al. (2008), a variação dos aportes orgânicos permite a colonização do solo por diferentes grupos de organismos, o que influencia na dominância de certos grupos em detrimento de outros.

As condições climáticas foram analisadas mediante uma série anual de dados, tomados a partir de dezembro de 2013 até novembro de 2014, na qual foram mensurados os seguintes parâmetros: precipitação, umidade relativa, temperatura do ar e temperatura do solo (superfície, 0-10 cm, 10-20cm, 20-30 cm). Os dados de clima dos três sítios serão avaliados através da comparação da série histórica com a série anual sistematizada, além da avaliação dos dados climáticos semanais (18 de setembro de 2014 à 03 de outubro de 2014), que representam o momento onde foram realizadas as coletas. As amostragens ocorreram dentro de um período demarcado a fim de se pontuar o efeito da influência de fatores físicos na biomassa e diversidade (BEGON et al.; 1990). A finalidade dessa análise é evidenciar a correlação de atributos climáticos e ecológicos.

Foram elaborados gráficos concentrados nas semanas de coleta, como também gráficos avaliando a série climatológica anual. No parque Cientec, foram utilizados dados da Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG/USP e para os parques Cantareira e Jaraguá, foram utilizados dados da Estação Normal Climatológica do Mirante de Santana do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

3.2.7 Análises estatísticas

Os índices estatísticos de biodiversidade facilitam a avaliação da estabilidade dos ecossistemas uma vez que possibilitam a relação entre ambientes de diferentes locais onde foram alocadas as parcelas amostrais (Cientec, Cantareira e Jaraguá) com a ocorrência, frequência e tipo de organismos coletados (LAVELLE et al., 2006). As análises estatísticas conforme Aquino (2001) e Baretta et al. (2011) envolvem biomassa da macrofauna expressa em gramas por metro quadrado (g.m²); riqueza expressa em números totais de grandes grupos por ambiente (S), a comparação das comunidades em áreas de coletas diferentes através do índice de diversidade ou índice de Simpson (1/Índice de Simpson) e equabilidade. Os dados foram trabalhados por comparação de médias de coleta por parque, por ambiente (úmido e seco) e por famílias e ou espécies. Segue abaixo a descrição dos índices utilizados:

Índice de riqueza (S): para a análise de riqueza (S) dos grupos taxonômicos de pedofauna subsuperficial, foi determinada a diversidade total (riqueza de grupos) em cada ambiente (seco e úmido) avaliado. Esse parâmetro é calculado somando-se a quantidade dos diferentes grupos encontrados.

Índice de dominância de Simpson (Is): para a avaliação da diversidade (ou heterogeneidade) das amostras. O índice representa a probabilidade de dois indivíduos sorteados aleatoriamente em um ambiente pertencerem a um mesmo grupo, ou seja, quanto maior o valor, menor a diversidade. É representado pela seguinte fórmula:

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Onde:

Pi = Proporção (%) dos indivíduos do grupo *i* sobre o total;

S = Quantidade de grupos.

Índice de Equabilidade ($E_{\frac{1}{D}}$): varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais uniforme é a distribuição de indivíduos por grupos naquele ambiente, e contrariamente, quanto mais próximo de zero, os indivíduos são mais concentrados em poucos grupos. Este índice é obtido pela seguinte equação:

$$E_{\frac{1}{D}} = \frac{\frac{1}{D}}{Riqueza}$$

Onde:

D = Índice de dominância de Simpson

4. CARACTERIZAÇÃO HISTÓRICA E FÍSICA DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS.

Neste capítulo apresentar-se-ão características sócio culturais e econômicas que influenciaram a delimitação e fundação dos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá, assim como informações sobre o histórico de uso e ocupação das próprias áreas e entorno, uma vez que o processo influenciou diretamente na composição das matas atuais dos remanescentes. Por fim, serão abordadas discussões acerca da composição física ocorrente nos sítios, como tipos de clima, coberturas vegetais, altimetria, geomorfologia e pedologia.

4.1 HISTÓRICO DOS PARQUES

4.1.1 Parque Cientec

O parque de Ciência e Tecnologia da Universidade de São Paulo (CIENTEC) localiza-se ao sul da cidade de São Paulo, em fronteira com a Rodovia dos Imigrantes e os municípios de Diadema, São Caetano, São Bernardo e Santo André e possui 141 hectares dos 526,38 hectares que possuem o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), no qual coexistem o Jardim Botânico, Jardim Zoológico, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, o Hospital da Água Branca, o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, o próprio parque Cientec, o Centro e Exposições Imigrantes e algumas casas para moradia de alguns funcionários do parque.

De acordo com Fernandes et al. (2002), embora fundado em 1969, o PEFI tem seus limites demarcados desde o século XIX, especificamente, 1893, quando ainda funcionava como uma propriedade de cafeicultura, sendo desapropriada nesse momento histórico devido a riqueza hídrica encontrada na região, que serviria ao abastecimento da região sul da província. Entretanto, devido ao crescimento exponencial da população, exponencialmente, a ideia foi abandonada, uma vez que já não teria mais condições de suprir dadas necessidades de consumo hídrico.

Segundo Barbosa et al.(2002), o complexo funciona como mantenedor da biodiversidade, moderador do microclima, mantenedor de nascentes e laboratório natural à céu aberto para atividades educativas, lúdicas e aplicadas. Possui esse nome por ser abastecido por nascentes do riacho do Ipiranga; vale salientar que o PEFI representa cerca de

10% de remanescentes da região metropolitana de São Paulo, o que demonstra sua vasta extensão e importância como área de conservação de serviços ambientais em meio ao entorno totalmente antropizado.

4.1.2 Parque Cantareira

O parque Estadual da Cantareira, localizado na região norte da cidade de São Paulo, possui uma das maiores áreas de mata tropical nativa do mundo dentro de uma região metropolitana, com 7.900 hectares que se subdividem entre as cidades de Guarulhos, São Paulo, Mairiporã e Caieiras. O complexo, segundo a UNESCO (Organização para a Educação, a Ciência e a Cultura das Nações Unidas) é considerado reserva da biosfera da cidade e se divide em quatro núcleos: Pedra Grande (onde ocorre a pesquisa), Engordador, Águas Claras e Cabuçu, o que demonstra a sua importância para a preservação biodiversidade dentro de maciços urbanos. Faz parte dos núcleos centro de visitas, auditórios e trilhas.

A história do Cantareira, assim como do parque do Estado, também remete ao levantamento espacial de remanescentes hídricos realizados por comissões técnicas públicas, com o objetivo principal a busca de águas potáveis e confiáveis para adução de águas. A finalidade dos projetos de infraestrutura era solucionar a escassez do abastecimento e distribuição de água, uma vez que no período, especificamente segunda metade do século XIX, a população crescia em demasia e era acompanhada pelo desenvolvimento industrial (Plano de Manejo do Parque Cantareira, 2009). Para tal, foram construídas as represas do Engordador, Barrocada e Cabuçu. Devido às demandas da crescente urbanização, o parque foi tombado no final do século XIX, momento em que foram desapropriadas várias fazendas na redondeza da serra com a intenção de preservar a mata nativa que mantinha conversado os mananciais e que aos poucos sofria interferência direta dos plantios de café, chá e cana de açúcar; todavia, tornou-se uma Unidade de Conservação em 1963, através do Decreto 41.626/63.

Um dos maiores incentivadores para a conservação desse remanescente foi o naturalista sueco Albert Lofgren (Plano de Manejo do Parque Cantareira, 2009). A importância estratégica do parque Cantareira como aporte de proteção às matas nativas em áreas com grandes conglomerados urbanos segundo a Lei 12.651 (Código Florestal) dá-se justamente pela sua contribuição direta na qualidade ambiental do remanescente, pois promove a manutenção dos serviços ecológicos de regulação e transporte, como controle do

clima, polinização, trocas gasosas pela fotossíntese, ciclagem de nutrientes, formação do solo, dispersão de sementes e preservação de nascentes.

4.1.3 Parque Jaraguá

O parque Estadual do Jaraguá localiza-se a noroeste do município de São Paulo, em limite com o município de Osasco, Santana do Parnaíba e Caieiras e possui 492,68 hectares. Em 03 de maio de 1961, a antiga Fazenda Jaraguá foi denominada oficialmente como parque Estadual do Jaraguá, pelo Decreto nº 38.391. O complexo segundo a UNESCO (Organização para a Educação, a Ciência e a Cultura das Nações Unidas) é considerado Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo. Segundo informações contidas no Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010), ele não teve no passado seu principal atributo a ‘captação hídrica’, diferentemente do ocorrido no Parque Cantareira do Parque Estadual Fontes do Ipiranga. A história das propriedades da região remete ao ciclo econômico de ouro, que se deu do século XIV até XIX e a economia cafeeira até os anos 30 do século XX.

Ao longo do século XX e XXI, principalmente nas ultimas décadas deste, a crescente taxa de avolumamento urbano das cidades da região metropolitana de São Paulo (RMSP) ocasionou a expansão da malha viária e, por conseguinte, a construção de rodovias ao redor do parque à exemplo: Anhanguera, Bandeirantes e Rodoanel Mario Covas. As vias transformaram o parque em uma “Ilha Verde”, assim como ocorreu com o PEFI e a rodovia dos Imigrantes e com o Parque Estadual da Cantareira, com o adensamento urbano; os sítios foram mecanicamente isolados, com possibilidade mínima de partilhar fluxo gênico com outras áreas protegidas. A presente Unidade de Conservação (UC) tem uma importância ambiental crucial no contexto urbano, uma vez que colabora diretamente na promoção da qualidade dos remanescentes florestais urbanos auxiliando no regime de regulação hídrica, regulação térmica, sequestro de carbono e minimizando efeitos nocivos da poluição do ar (Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá, 2010).

4.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Para estudo e caracterização dos fenômenos climáticos recorrentes nas áreas de estudo foi atribuído um recorte mais amplo de análise, avaliado a partir da posição fisiográfica

dos remanescentes, ou seja, do seu ponto exato de localização, a Bacia do Alto Tietê. Segundo Santos e Funari (2002), a bacia está distante 60 Km da zona costeira, na região de migração entre litoral e terras altas, com altitudes variando de 700 a 1140 m e ventos predominantes de sudeste para noroeste com influências de massas tropicais atlânticas, equatorial continental e polar atlântica; encaixa-se na classificação Cwb de Koppen, ou seja, clima temperado com estações anuais bem definidas, regimes de chuvas no verão e inverno seco e temperaturas variando de 18°C a 22°C. Essas características marcam uma realidade climática de transição, principalmente pela intercalação entre longos períodos muito secos ou úmidos e variações bruscas de tempo seguidas de intensa precipitação, fenômenos explicados pela influência da máxima oscilação sul, El Niño (MONTEIRO, 1973).

Em pesquisa realizada por Santos e Funari (2002), considerando os dados tratados no período de 1976 a 2000, o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), onde está localizado o parque Cientec, apresenta 19,1°C como a média anual de temperatura do ar; 81,1 % a média anual de umidade relativa e 1.540 a média anual de precipitação. A série climática entre os anos de 1992 a 2007, estudada pelo Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009), apresenta: a temperatura média anual de 19,9°C, a precipitação média anual de 1.322 mm por ano e variação média anual de umidade relativa com 83,7%. Por fim, a série climatológica entre os anos de 1961 e 1990 estudados pelo Plano de Manejo do Parque Jaraguá (209), traz: temperatura média anual de 19,3°C, precipitação média anual de 1.455mm e média anual de umidade de relativa de 78%.

Da mesma forma, para se compreender a ação do microclima nas parcelas, foram desenvolvidos os gráficos de temperatura, temperatura do solo, precipitação e umidade relativa para os parques Cientec, Cantareira e Jaraguá, por meio da comparação entre série climática histórica e anual (dez-2013/nov-2014) e pela avaliação climática semanal (coletas de monólitos). Foram utilizados dados da Estação Meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG/USP, para o Parque Cientec e dados da Normal Climatológica do Mirante de Santana do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para os parques Cantareira e Jaraguá.

4.3 COBERTURAS VEGETAIS E ALTIMETRIA

Nos três sítios estudados, a cobertura vegetal das localidades onde foram instaladas as parcelas apresenta-se em estágio de regeneração e é composta por Floresta

Ombrofíla Densa Montana (IBGE, 2012) e suas respectivas fisionomias. Encontra-se desta forma denominada porque é comumente observada entre variação altitudinal de 500 a 1.500m e no caso das áreas da parcela amostral, segundo mapeamento hipsométrico (Figuras 9, 10 e 11) e de síntese realizada, tem-se uma variação altimétrica para o Parque Cientec entre 780m para design em área úmida e 815m para área seca; para o Parque Cantareira 870 m para área úmida e 875 m para área seca; por fim, para o Parque Jaraguá, 860m para área úmida e 865m para área seca.

Segundo levantamento botânico realizado por Pivello e Peccinini (2002), no Parque Estadual Fontes do Ipiranga, especificamente na região onde se encontra o Parque Cientec, a cobertura vegetal onde está localizada a parcela de ambiente úmido é densa e apresenta dossel homogêneo (Figura 12), o que significa que neste tipo de vegetação predominam árvores baixas entre 4 e 6m e pouca ou nenhuma incidência de indivíduos emergentes que formam um sub-bosque denso. Os pesquisadores relacionam a característica do sub-bosque com possíveis intervenções antrópicas quando o parque passou por reformas na década de 50; as mesmas foram abandonadas e permitiram uma regeneração natural da área. Enquanto que a parcela de ambiente seco é constituída em maior concentração por floresta de dossel homogêneo e esparsa, que representa uma distribuição vertical heterogênea, a maior parte dos indivíduos de 4 a 6m e uma grande riqueza de pteridófitas, orquídeas, bromélias, líquens e fungos.

O Plano de Manejo do Parque Jaraguá (2010) cita que, apesar de não ocorrerem registros, é muito provável que toda a estrutura vegetacional hoje existente no parque é secundária e está em processo de regeneração, situação resultante do antigo ciclo econômico do café. O mapeamento de vegetação realizado para o plano de manejo aponta a ocorrência de uma variação de 4 fisionomias, que se repetem em ambas regiões onde foi instalado o design amostral. Essa estrutura variante apresenta-se da seguinte forma: porte arbóreo alto e dossel uniforme, porte arbóreo alto com emergentes, porte médio com árvores emergentes e vegetação de porte arbóreo baixo e esparsa (Figura 13).

No caso do Parque Estadual da Cantareira, segundo o Plano de Manejo (2009) também existe predominância de formações secundárias neste tipo florestal, e através do mapeamento realizado, foi encontrado para a área onde se alocou a parcela em ambiente úmido o mesmo tipo de fisionomia: vegetação secundária de porte arbóreo médio a alto com estrutura de dossel uniforme e pouca alteração contendo indivíduos em vários estágios de crescimento; e para a área onde se alocou a parcela em ambiente seco 2 fisionomias:

vegetação de porte arbóreo baixo com estrutura de dossel uniforme, pouca alteração e estágio médio de regeneração e vegetação de porte herbáceo e arbóreo baixo esparsa (Figura 14).

Figura 10 – Mapa hipsométrico do parque Cantareira.
Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009).

Figura 13 – Cobertura vegetal do parque Cantareira.

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009).

Figura 14 – Cobertura vegetal do parque Jaraguá.

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010).

4.4 GEOMORFOLOGIA E PEDOLOGIA

A categorização da gênese e do modelado do relevo no Planalto Atlântico foi originalmente estabelecida por Ab'Saber (1956, 1957, 1970), e posteriormente redefinidas por Ponçano et al. (1981). A definição para as unidades morfoesculturais da cidade de São Paulo aqui adotadas são as propostas por Ponçano et al. (1981), Fernandes et al. (2002) e pelo Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009). Ambos inserem a área onde estão localizados os três parques urbanos estudados no Planalto Paulistano, que é caracterizado pelo relevo suave, presença de morros e espigões de altitudes moderadas (715 a 900 m). As áreas específicas onde foram alocadas todas as parcelas, variando entre 780 m e 870 m, são definidas segundo Ponçano et al. (1981), Fernandes et al. (2002) e Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009), como Colinas pequenas e Morretes, característicos da sub zonas das Colinas de São Paulo que se desenvolveu sobre sedimentos da bacia de São Paulo e rochas pré-cambrianas.

As classes de solos citados por Struffaldi – De - Vuono (1985) e Forti (2000) para o parque Cientec, assim como as mencionadas para o Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009) e para Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010), como também os solos observados em campo nas parcelas situadas em ambiente seco e úmido, foram as mesmas classes para os três parques, como mostram as figuras 15, 16 e a topossequência exposta na figura 17. A descrição das classes de solo segue abaixo:

1- **Gleissolos:** se desenvolvem normalmente em áreas com relevo plano situadas no sopé da vertente, ou seja, em áreas de várzea ou planícies aluviais mal drenadas, o que explica a saturação de água e acúmulo de sedimentos fluviais e orgânicos. São considerados, portanto, solos hidromórficos, pouco profundos, seu horizonte superficial possui uma espessura de 20 cm, textura arenosa devido a sedimentos provenientes do intemperismo de rochas transportadas em altitudes mais elevadas, mas podendo ser argilosa e coloração preto a bruno escuro (7,5 yR 2/1 a 3/2). Ocorreram no parque Cientec e Jaraguá.

2- **Latossolos Vermelho - Amarelos:** são comumente encontrados em regiões de morros levemente ondulados e formados através de granitos, gnaisses, filitos e xistos pela remoção de bases e sílica do perfil. Solos minerais, não hidromórficos, moderadamente drenados, com alta permeabilidade de água, porosos, bastante intemperizados, com textura argilosa, baixo teor de Fe, pouca disponibilidade de nutrientes e coloração vermelho-amarela (5 Yr 4/8 a 5/8).

Ocorreram no parque Ciente e Cantareira em parcela em ambiente úmido e seco e no parque Jaraguá, em ambiente seco.

3- **Cambissolos:** sua área de ocorrência está associada à relevos ondulados sobre gnaisses ou granitos, são moderadamente drenados, pouco profundos, minerais , não hidromórficos, menos intemperizados que os latossolos, com fragmento de rocha permeando a massa do solo e apresentaram coloração bruno, bruno amarelada e avermelhada. Ocorreram no parque Ciente e Cantareira em ambiente úmido e seco.

Figura 15 – Mapa pedológico parque Cantareira.

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009).

Figura 16 – Mapa pedológico parque Jaraguá.

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá (2010).

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 PARQUE CIENTEC

5.1.1 Inventário da pedofauna

No ambiente seco, os monólitos foram coletados no dia 25 de setembro de 2014 e apresentam a biomassa fresca média de 20,1 g.m² (Tabela 1). O total coletado foi de 89 indivíduos por m², dentre os quais as minhocas e corós foram os mais representativos. 45% da fauna coletada concentraram-se nos primeiros 10 cm de profundidade, 38% em 10 – 20 cm e 17% em 20 – 30 cm de profundidade (Tabela 3).

Tabela 1 – Parque Cientec: biomassa fresca (g.m²) em ambiente seco.

		Biomassa em g.m ²								
Cientec - Ambiente seco		TSBF1	TSBF2	TSBF3	TSBF4	TSBF5	TSBF6	TSBF7	TSBF8	TSBF9
Prof (cm)	0 - 10	6,7	17,8	1,1	6,7	6,7	6,7	17,8	1,1	6,7
Prof (cm)	10 - 20	17,8	6,7	6,7	17,8	-	6,7	6,7	-	6,7
Prof (cm)	20 - 30	6,7	6,7	1,1	-	6,7	6,7	-	6,7	6,7
Média por TSBF		31,1	31,1	8,9	24,4	13,3	20,0	24,4	7,8	20,0
										20,1

No ambiente úmido, em coleta realizada em 02 de outubro de 2014, a biomassa fresca média foi de 12,1 g.m² (Tabela 2) o que representa uma queda de 40% no valor se comparado ao ambiente seco. O total coletado foi de 51 indivíduos por m², dentre os quais minhocas e corós novamente foram os mais frequentes, mesmo com a mudança de ambiente. 37% concentraram-se nos primeiros 10 cm, 41% em 10 – 20 cm e 22% em 20 – 30 cm de profundidade (Tabela 4).

Tabela 2 – Parque Cientec: biomassa fresca (g.m²) em ambiente úmido.

		Biomassa em g.m ²								
Cientec - Ambiente Úmido		TSBF1	TSBF2	TSBF3	TSBF4	TSBF5	TSBF6	TSBF7	TSBF8	TSBF9
Prof (cm)	0 - 10	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	1,1	6,7	6,7
Prof (cm)	10 - 20	-	6,7	-	6,7	-	6,7	6,7	6,7	6,7
Prof (cm)	20 - 30	-	6,7	-	1,1	-	-	-	6,7	-
Média por TSBF		6,7	20,0	6,7	14,4	6,7	13,3	7,8	20,0	13,3
										12,1

Os monólitos coletados resultaram em um total de 140 indivíduos por m², dentre os quais 89 em ambiente seco e 51 em ambiente úmido. Avaliando os dados absolutos,

houve uma redução de 43% na abundância da macrofauna do ambiente seco para o ambiente úmido. A mudança de atributos físicos no ambiente, especificamente a presença de drenagem que influencia na saturação dos solos, provocou referentes quedas na abundância e na biomassa dos indivíduos capturados, porém, o grupo annelida e os corós (larvas de coleóptera), continuam como os mais numerosos em ambos ambientes. segundo Lavelle et al. (2001) as minhocas são o grupo preponderante em termos de biomassa (g.m^2). Nota-se também que a maior abundância de organismos dá-se até 20 cm de profundidade no solo.

A avaliação taxonômica (BRESCOVIT et al. (2007) para classe Chilopoda e Arachnida, é detalhada na tabela 5. Na coleta dos monólitos do ambiente seco, foram capturados apenas 2 exemplares por m², 1 da família Schendylidae e outro da família Cryptopidae. No caso da ordem Araneae, somente 1 exemplar por m² foi coletado, no caso exemplar da família Nemeesidae. É interessante salientar que para todos os indivíduos que não puderam ser identificados ao nível de espécie, foram atribuídos indicadores morfológicos temporários (“sp 1”) devido a incertezas na nomenclatura, e dessa forma, apresentam-se como resultado as morfoespécies.

Tabela 5 - Parque Cientec: detalhamento taxonômico da classe Arachnida e Chilopoda

Período	Ambiente	Método de coleta	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Total Ind. m² por TSBF
Inverno	Seco	TSBF	Chilopoda	Geophilomorpha	Schendylidae	Schendylops	sp.1	1
			Chilopoda	Scolopendromorpha	Cryptopidae	Cryptops	sp.1	1
			Arachnida	Araneae	Nemesiidae	Rachias	sp.1	1
Média por TSBF								3

O monólito foi coletado em 25/09/2014.

A avaliação taxonômica para a ordem Coleoptera segundo procedimento iniciado por Murray (1864) e aprimorado por Kirejtshuk (2008), Vaz – De – Mello et al. (2011) e Casari & Ide (2012) é apresentada na tabela 6 . Foram encontrados somente em ambiente úmido indivíduos da morfoespécie *Sericini* sp.11, *Hybosoridae* sp.1 e *Pyrophorini* sp.1. Nota-se que para o parque Cientec, que a presença de drenagem, possibilitou a coleta de indivíduos dessa ordem, o que não ocorreu em ambiente seco. A presença dessas morfoespécies de coleóptera somente em ambiente úmido, demonstra correlação positiva entre elas e a umidade do solo e do ambiente.

Tabela 6 – Parque Cientec: detalhamento taxonômico da ordem Coleoptera.

Período	Ambiente	Método de coleta	Ordem	Subordem	Família	Subfamília	Tribu	Espécie	Total Ind. m² por TSBF
Inverno	Úmido	TSBF	Coleoptera	Polyphaga	Scarabaeidae	Melolonthinae	Sericini	Sericini sp 1	1
					Hybosoridae			Hybosoridae sp 1	1
					Elateridae	Pyrophorini		Pyrophorini sp 1	1
Média por TSBF									3

O monólito foi coletado em 25/09/2014.

A avaliação taxonômica (BARTZ, 2011) para a ordem Oligoqueta está detalhada por espécies e ambientes divergentes nas tabelas 7 e 8. As observações gerais para avaliação da taxonomia foram realizadas com auxílio de microscópio estereoscópio (lupa) e as mais particulares necessitam de um microscópio óptico. Para a descrição de espécies e famílias foram analisados e observados caracteres externos (cor, forma, comprimento, diâmetro, segmentos, forma do prostômio e do clitelo, forma e localização das cerdas, tipos de poros, marcas genitais, sulcos seminais e zona caudal) e internos (septos, moela, esôfago, glândulas calcíferas, intestino, nefrídios, sistema circulatório, testículos, sacos testiculares, vesículas seminais, canais deferentes, próstatas, câmaras copulatórias, ovários, espermatecas e glândulas das marcas pubertais) (STEFFEN, 2012).

A coleta totalizou 112 minhocas por m², sendo no ambiente seco 75 exemplares por m² e no ambiente úmido 37 exemplares por m² o que representa uma redução de 51 % no total de exemplares devido a presença de umidade no ambiente. Quanto à riqueza de espécies foi identificada no total uma única espécie da família Glossoscolecidae, a *Pontoscolex corenthurus* (MULLER, 1857), que foi coletada nos 2 ambientes (seco e úmido). Foram também identificados 2 indivíduos juvenis por m², que não puderam ser avaliados ao nível de espécie, uma vez que esses indivíduos não possuíam todas as estruturas morfológicas desenvolvidas, as quais são necessárias na avaliação taxonômica.

Tabela 7 – Parque CienteC: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente

seco

Dados do Parque CienteC			Minhocas.m ²	
Família		Glossoscolecidae	Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	<i>Pontoscolex corethrurus</i>		
TSBF 1	0-10	33	-	33
	10-20	44	-	44
	20-30	22	11	33
TSBF 2	0-10	78	-	78
	10-20	44	-	44
	20-30	22	-	22
TSBF 3	0-10	-	-	-
	10-20	22	-	22
	20-30	11	-	11
TSBF 4	0-10	22	-	22
	10-20	78	-	78
	20-30	-	-	-
TSBF 5	0-10	22	-	22
	10-20	22	-	22
	20-30	-	-	-
TSBF 6	0-10	33	-	33
	10-20	11	-	11
	20-30	11	-	11
TSBF 7	0-10	78	-	78
	10-20	22	-	22
	20-30	-	-	-
TSBF 8	0-10	-	-	-
	10-20	-	-	-
	20-30	33	-	33
TSBF 9	0-10	11	-	11
	10-20	22	-	22
	20-30	22	-	22
Média por TSBF		74	1	75

Data de coleta 25/09/2014.

A espécie *Pontoscolex corethrurus* reduziu 51 % com a mudança de ambiente devido a inserção da drenagem na parcela amostral. Em seu total absoluto no parque, ao se avaliar os dois ambientes em conjunto, temos 110 indivíduos de *P. corethrurus* por m². Nota-se que a maior frequência da espécie em ambiente seco ocorreu entre 0-10 cm de profundidade no solo com 41% de ocorrência, entre 10- 20 cm, com 39% e entre 20 e 30 cm 20%. Entretanto, nas amostras do ambiente úmido, a espécie obteve uma frequência maior

entre 10 – 20 cm com 47% de ocorrência e entre 0-10 e 20 - 30 cm, com 27%. A diversidade foi nula, pois não se encontraram outras espécies.

Tabela 8 – Parque Cientec: detalhamento taxonômico da ordem oligoqueta para ambiente úmido.

Dados do Parque Cientec		Minhocas.m ²		
Família		Glossoscolecidae	Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	Pontoscolex corethrurus		
TSBF 1	0-10	-	11	11
	10-20	-	-	-
	20-30	-	-	-
TSBF 2	0-10	11	-	11
	10-20	67	-	67
	20-30	44	-	44
TSBF 3	0-10	11	-	11
	10-20	-	-	-
	20-30	-	-	-
TSBF 4	0-10	11	-	11
	10-20	22	-	22
	20-30	-	-	-
TSBF 5	0-10	-	-	-
	10-20	-	-	-
	20-30	-	-	-
TSBF 6	0-10	33	-	33
	10-20	11	-	11
	20-30	-	-	-
TSBF 7	0-10	-	-	-
	10-20	11	-	11
	20-30	-	-	-
TSBF 8	0-10	11	-	11
	10-20	22	-	22
	20-30	22	-	22
TSBF 9	0-10	-	-	-
	10-20	22	-	22
	20-30	22	-	22
Média por TSBF		36	1	37

Data da Coleta : 02/10/2014

5.1.2 Avaliação das variáveis climáticas

Para análise dos atributos climáticos, foram utilizados os seguintes dados: temperatura do ar (mínima, média e máxima), precipitação pluvial acumulada, umidade do ar e temperatura do solo (superfície até 40 cm). Os mesmos foram sistematizados em três conjuntos de séries temporais: a média mensal para o período de 12/2013 até 11/2014, a média mensal histórica para o período de 1933 até 2002 e os dados climáticos da semana de coletas que vão de 25/09/2013 à 02/10/2013. Os dados climatológicos foram obtidos da Estação Meteorológica do IAG-USP (latitude: 23°65' S; longitude 46°62' W; altitude: 800 metros), localizada no interior do Parque Cientec. De acordo com o gráfico 1, no período de verão, o valor mensal de precipitação ficou abaixo da média histórica nos meses de dezembro até fevereiro, somente em março com 224,2 mm a média foi ultrapassada. Os meses de dezembro e fevereiro apresentaram somente 72,1 mm e 81,1 mm de precipitação, e janeiro, mesmo com 199,3 mm, também apresentou valor abaixo da média histórica que seria 219 mm, o que caracteriza então um verão mais seco, com pouca precipitação.

Gráfico 1 – Média mensal de precipitação, média histórica da precipitação (1933-2002) e média mensal da temperatura do ar – série anual (1 de dezembro de 2013 a 31 de novembro de 2014) do parque Cientec.

No período de inverno, o valor mensal de precipitação ficou também abaixo da média histórica nos meses de junho a setembro. O mês de junho obteve somente 27,4 mm de precipitação, julho 36,7 mm, agosto 37,8 mm e setembro 63,8 mm, o que caracterizou o inverno como um período que enfrentou forte estiagem. Observa-se na tabela nº 09 que a média anual de precipitação foi 30% mais baixa, totalizando 1.075,70 mm, enquanto a média

histórica apresentou 1.539,90 mm; a umidade relativa teve uma queda de 4,1% na série anual, com 77,8%, enquanto que a série histórica representou 81,1%, por fim, a temperatura do ar, que teve um decréscimo de 5% na média anual, com 19,1°C, enquanto que a média histórica apresentou 20,1°C.

Tabela 9 – Média anual com totais mensais de precipitação, umidade relativa e temperaturas do ar do parque Cientec.

Parâmetro	Unidade	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Média Anual	Média Histórica
Precipitação	mm	72,1	199,3	81,1	224,2	91,7	64,6	27,4	36,7	37,8	63,8	25,4	151,6	1.075,70	1.539,90
UR	%	78,3	74,9	72,8	80,9	82,0	81,4	80,7	79,0	74,2	76,3	72,8	80,4	77,8	81,1
Temperatura	°C	22,3	24,2	24,3	22,3	20,0	17,6	17,4	16,1	16,9	19,0	20,2	20,6	20,1	19,1

A média mensal anual (período de 12/2013 até 11/2014)

A média mensal histórica (período de 1933 até 2002)

Dados climáticos da semana de coletas que vão de 25/09/2013 à 02/10/2013

Os monólitos foram retirados no ambiente úmido dia 02 de outubro de 2014 e no ambiente seco dia 25 de setembro de 2014. De acordo com o gráfico 2, observa-se que ocorreu precipitação acumulada de 0,3 mm no dia 25, dia 27 e dia 28; 22,4 mm no dia 26 e 1,9 mm no dia 02. Os dados da semana anterior à coleta também pontuam pouca precipitação acumulada, no valor de 0,2 mm. Pode-se concluir, portanto, que na circunstância ocorreu pouca chuva e a temperatura do ar se manteve em queda ao longo dos dias, porém os solos mantiveram-se úmidos entre a superfície até 10 cm de profundidade.

Gráfico 2 - Média diária de precipitação e de temperatura do ar – período de retirada de monólitos do parque Cientec.

Como demonstra a tabela 10, as temperaturas do solo tendem a diminuir conforme o aumento da profundidade e devido à taxa de insolação e a temperatura do ar, os maiores valores de temperatura encontram-se na superfície e vão diminuindo gradativamente até os 40 cm de profundidade, chegando a perder em média 2,9°C no verão e 0,6°C no

inverno. Entre os meses de dezembro de 2013 até abril de 2014 as temperaturas de superfície são mais elevadas, variando entre 30,8°C e 24,5 °C, entre maio e agosto de 2014 a taxa de insolação diminui e as temperaturas baixam, ficando entre 19,7°C e 22,5°C, em setembro começam a se elevar novamente, passando para 24,3°C. Da superfície até 40 cm de profundidade, todas as máximas de temperatura do verão ocorreram em fevereiro.

É importante citar que fevereiro obteve apenas 81 mm de precipitação e temperatura média na faixa de 24,3°C sendo o mês mais quente do verão e um dos mais secos, circunstância que influenciou diretamente nas temperaturas do solo de superfície e profundidade. Todas as mínimas do inverno ocorreram no mês de julho. O mês de julho, por exemplo, alcançou 36,7 mm de precipitação e a temperatura média estabilizou-se na faixa dos 16,1°C, caracterizando o mês como o mais frio do ano e um dos mais secos, conjuntura que influenciou as temperaturas do solo em superfície e profundidade e as taxas de umidade. Apesar da tendência de queda em profundidade, as temperaturas de 5cm até 40 cm, tem menor amplitude do que em superfície, devido a isolação térmica do próprio solo, ou seja resfriam-se e aquecem-se em menor velocidade. As camadas superficiais dos solos sofrem maior influência da temperatura do ar, umidade e precipitação do que as camadas inferiores. Os dados aqui referidos encontram-se disponíveis somente na estação meteorológica do IAG-USP, todavia trabalhou-se com a hipótese de que as temperaturas do solo qualitativamente seguem o mesmo padrão para o parque Jaraguá e Cantareira, uma vez que esses possuem as condições climáticas e topográficas muito aproximadas à do parque Cientec.

Tabela 10 – Médias mensais de temperatura do solo por profundidade no parque Cientec.

	Unidade	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Superfície	°C	27,7	30,1	30,8	26,6	24,5	21,8	20,7	19,7	22,5	24,3	27,6	25,8
5 cm		27,3	29,6	29,9	26,3	24,1	21,4	19,7	19,0	21,4	23,4	26,6	25,7
10 cm		26,9	29,0	29,4	25,9	23,9	21,1	19,6	18,8	20,9	22,9	25,8	25,2
20 cm		26,1	28,1	28,8	25,6	23,7	21,0	19,4	18,7	20,3	22,3	25,0	24,9
30 cm		25,5	27,3	28,0	25,2	23,5	20,9	19,3	18,6	19,7	21,7	24,0	24,3
40 cm		25,3	27,1	27,9	25,3	23,8	21,3	19,6	19,1	19,8	21,7	23,8	24,3

Observa-se que a esfera onde foram encontrados o maior número de espécimes do ambiente seco situada entre a superfície e os primeiros 10 cm do solo, é justamente a mais quente em termos de temperatura e mais rica em termos de depósito de serapilheira e material orgânico. Essa região é marcada por alta concentração de atividade biológica (BARETTA, 2005) e é chamada também de detritosfera, um dos micro-sítios estabelecidos pelo sistema de

Beare et al. (1995) e utilizado como recorte escalar na presente pesquisa. De acordo com Fernandes et al. (2011) as oscilações de temperatura, temperatura do solo, precipitação, umidade e características climatológicas das estações do ano, são fatores que influenciam a densidade faunística do solo, relações que se verificaram positivas no parque Cientec.

De acordo com o gráfico 3 os gradientes das temperaturas de superfície, 5 cm e 10 cm de profundidade do solo são as que mais se aquecem diariamente, justamente a região com maior incidência de exemplares coletados para o ambiente seco, ou seja, a variabilidade microclimática nesse caso exposta, pode auxiliar a dinâmica de biopedoturbação da fauna subterrânea nesses ambientes. A incidência de Ind.m² na coleta realizada em ambiente seco foi entre 0 -10 cm de profundidade 45%, entre 10-20 cm foi de 38% e entre 20 e 30 cm foi de 27%. A temperatura de superfície na data de coleta chegou a variar 17,6°C entre 6 horas da manhã e 14 horas e 19,6°C de 12 horas até às 22 horas; a temperatura do solo a 5 cm de profundidade, chegou a variar 7°C entre 6 horas da manhã e 15 horas e a temperatura de 10 cm variou 5°C entre 7 horas da manhã e 16 horas, enquanto que a temperatura da profundidade de 20 cm, variou somente 2°C e entre 30 cm e 40 cm somente 0,5°C. É possível estabelecer para esse ambiente uma relação direta entre temperatura do solo, aporte de serapilheira e frequência de exemplares com a profundidade do solo, onde quanto maior a profundidade, menor a disponibilidade de alimento e menor a temperatura, o que consequentemente diminuiria a incidência dos grupos. A hipótese explica a frequência de 31 *Pontoscolex corenthurus* por m² em até 10 cm de profundidade, 30 Ind.m² entre 10 e 20 cm e 14 *P.corenthurus* por m² para profundidade entre 20 e 30 cm.

O resultado exposto acima não se mantém para o ambiente com drenagem presente, que apresentou as seguintes frequências de Ind.m²: entre 0 -10 cm de profundidade 27%, entre 10-20 cm foi de 47% e entre 20 e 30 cm foi de 27%, ou seja, mesmo com uma redução de 43% da abundância e 40% da biomassa se comparado ao ambiente seco, ocorreu um aumento de incidência para a densidade nas profundidades entre 10 e 30 cm. No dia 02, data da coleta, ocorreu 1,9 mm de precipitação e a temperatura média foi de 15°C. Simpson et al. (2012) destacam os possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre a ocorrência da pedofauna, essencialmente à influência na umidade do solo (HOLMSTRUP et al., 2012). No total de precipitação acumulada de 18 de setembro até dia 25 de setembro temos 16,1 mm e no total acumulado de 25 de setembro até 02 de outubro temos 25, 7 mm de precipitação. Ocorreu pouca chuva para o período, o que mesmo assim contribuiu para a umidade de

camadas superficiais. O solo permanece úmido na área devido também às características ambientais do entorno da parcela, que foi instalada paralelamente à canal de drenagem.

Uma possível explicação para a alteração de frequências, é que nos ambientes úmidos, algumas espécies deslocam-se verticalmente preferindo ambientes mais secos e consequentemente mais profundos, uma vez que não estão adaptadas à umidade, o que explica a ocorrência 7 indivíduos *P.corenthurus* por m² em profundidade até 10 cm, 14 Ind.m² entre 10 – 20 cm e 8 Ind.m² entre 20 – 30 cm. Além disso, segundo STEFFEN (2012) a maioria das minhocas brasileiras, não conseguem se adaptar à solos próximos as nascentes ou com acúmulo de água, características da região onde foi implantada a parcela de área úmida. Conclui-se que em ambientes seco e úmido os fatores climáticos tem relação direta também com a estratégia de sobrevivência das espécies de minhocas, especialmente *P.corenthurus*, o que explica a grande incidência de uma minhoca endogêica, que migra entre as esferas do solo mais favoráveis em termos de provimento nutricional e umidade, hora movendo-se para as profundidades em ambientes mais úmidos, hora para a superfície do solo em ambientes mais secos (MOÇO et al., 2005). De acordo com Moço et al. (2005), os ecossistemas que apresentaram menor diversidade de espécies de minhocas apresentam restrições nutricionais, escassez ou excesso de umidade no solo ou condições edafoclimáticas desfavoráveis. Segundo Jiménez et al. (2006), existe uma relação espécie-habitat que determina a diversidade de minhocas nos ecossistemas, o que explica a ocorrência de somente *P. corenthurus* para o Cientec.

Gráfico 3 – Variação de temperatura do solo por profundidade nos dias de coleta de TSBF no parque Cientec.

5.1.3 Análise dos atributos químicos do solo

No relatório de levantamento do meio físico do PEFI realizado por Fernandes et al. (2002), é mencionada a predominância dos Latossolos Vermelho - Amarelos para a área através de estudo realizado por Struffaldi – De – Vuono (1985), além disso, é citada a análise de uma topossequência (Figura 17) estudada por Forti (2000), onde discriminou –se os horizontes latossólicos, argilosos e hidromórficos.

As análises químicas realizadas no sítio indicaram solos não férteis (V% abaixo de 50%), altamente ácidos, com matéria orgânica elevada, soma de bases e saturação de bases muito baixas (distróficos) e granulometria arenosa, o que acompanha também o resultado da tabela 11 e 12. A composição química dos solos no parque Cientec em ambos ambientes revelou a presença de solos ácidos e pobres em nutrientes, onde é possível que uma importante transferência de nutrientes para o solo, possivelmente ocorra pela decomposição da serapilheira. Na figura 18, pode-se observar o padrão de vegetação das áreas onde foram alocadas as parcelas amostrais, o que influencia diretamente na qualidade da serapilheira acumulada.

Tabela 11 - Atributos químicos do solo no parque Cientec em ambiente seco (na profundidade 0 – 30 cm).

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg ⁻¹)	32	34	27	22	34	27	29	28	21	24	17	21	21	25	21	21	19	19
pH H ₂ O	3,7	3,9	4,1	4,1	4	4	4	3,7	4	3,9	3,9	3,8	4	4	3,9	4,1	4	4
pH KCl	3,5	3,3	3,7	3,8	3,5	3,6	3,5	3,3	3,6	3,4	3,6	3,4	3,8	3,5	3,6	3,5	3,7	3,6
P (mg.kg ⁻¹)	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K (mmolc.kg ⁻¹)	3	3	2	3	2	4	4	3	2	3	2	3	2	3	2	4	4	3
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	4	3	<2	2	<2	<3	<2	<2	<2	<2	<2	2	2	<2	<2	3	<2	2
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	1	1	<1	1	<1	1	1	<2	1	<1	1	1	1	1	1	1	1	1
Al (mmolc.kg ⁻¹)	58	58	52	45	69	21	61	61	47	58	49	57	52	56	53	49	46	46
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	103	136	150	131	180	124	157	173	141	146	113	148	135	149	133	140	124	119
SB (mmolc.kg ⁻¹)	8	7	4	6	5	8	7	7	3	5	2	6	2	4	3	8	6	5
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	111	143	154	137	185	132	164	180	144	121	115	154	137	153	136	148	130	124
V (%)	7	5	3	4	3	6	4	4	2	3	2	4	1	3	2	5	5	4
m (%)	88	89	93	88	93	86	90	90	94	92	96	90	96	93	95	86	88	90

A partir das tabelas 11 e 12 pode-se inferir que tanto no ambiente seco como no úmido os valores de carbono orgânico (C.O) e pH mostraram -se muito semelhantes nos 18 pontos de coleta, ou seja, não foram encontradas grandes variações para esses atributos, o que significa que, avaliados pontualmente, não poderão explicar a densidade de indivíduos encontrada para cada monólito. Em relação a esses parâmetros, somente aferições a partir de um contexto mais amplo poderão ser realizadas. O índice de carbono orgânico (C.O) se mostrou mais elevado em ambiente seco onde foram obtidos mais exemplares por monólito (89 Ind.m²), porém continua elevado em ambiente úmido, com menos exemplares (51 Ind.m²). A acidez do solo foi muito alta para ambos ambientes; ao se avaliar os macronutrientes (P, K, Ca, Mg e Al) e sua relação com os totais de Ind.m² coletados por monólito, nota-se que a menor disponibilidade dos nutrientes impacta na frequência de Ind.m², mas não impacta na correspondente ocorrência.

Tabela 12 - Atributos químicos do solo no parque Cientec em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30 cm).

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg. ⁻¹)	13	30	19	18	9	17	19	16	18	14	17	23	16	17	24	37	21	27
pH_H2O	4,1	4,1	3,9	4,1	4,2	4,1	3,9	4,1	4	4,5	4	4,2	4,1	4,3	4,6	4,8	3,8	4,1
pH KCl	3,5	3,4	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,7	3,4	4,3	3,7	3,5	3,5	3,6	3,9	3,9	3,5	3,6
P (mg.kg ⁻¹)	1	4	2	2	2	2	3	2	2	8	2	2	2	2	5	32	2	5
K (mmolc.kg ⁻¹)	4	4	2	4	2	3	3	2	4	1	3	3	3	4	6	4	2	5
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	3	2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	9	2	<2	<2	5	<2	2
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	1	1	<1	1	<1	1	1	<1	1	<1	1	3	1	1	1	2	1	1
Al (mmolc.kg ⁻¹)	33	38	43	48	28	32	43	44	41	17	38	35	33	33	22	26	45	35
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	85	125	111	107	61	94	103	100	105	69	88	104	83	78	95	115	111	99
SB (mmolc.kg ⁻¹)	8	7	2	7	3	4	5	2	6	1	5	15	6	6	8	11	4	8
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	93	132	113	114	64	98	108	102	111	70	93	119	89	84	103	126	115	107
V (%)	9	5	2	6	5	4	5	2	5	1	5	13	7	7	8	9	3	7
m (%)	80	84	96	87	90	89	90	96	87	94	88	70	85	85	73	70	92	81

No ambiente seco a saturação de bases (V%) foi muito baixa, os índices de Ca e Mg foram baixos, K foi médio, P muito baixo e Al muito alto. CTC, H+AL foram elevados e m% foi muito alta, sendo considerada prejudicial às plantas. E no ambiente úmido: a saturação de bases (V%) muito baixa, os parâmetros CTC, H+AL foram elevados e m% foi muito alta, sendo esse último considerado prejudicial para as plantas.

Geissen e Guzman (2006) relatam que a matéria orgânica e a acidez do solo foram os atributos que tiveram maior influência sobre a biota do solo, correlação positiva

também encontrada no parque Cientec. Bandeira e Harada (1998) observaram existir uma relação direta entre fator pH e matéria orgânica, em que valores elevados desta implicam valores baixos de pH, o que também ocorreu nos ambientes analisados. Lavelle (1995) cita que os organismos podem se adaptar à diferentes condições de acidez, o que explica frequências elevadas de indivíduos em ambientes extremamente ácidos. Os resultados da presente avaliação corroboram com as pesquisas citadas e indicam correlação positiva entre a espécie encontrada *P.corenthurus* e a qualidade do solo amostrado. Em resumo, a espécie está adaptada à ambientes intemperizados, condição de acidez elevada, baixa fertilidade, escassa disponibilidade de nutrientes e textura arenosa. O potencial das espécies como bioindicadoras de qualidade, será discutido no item 5.5.

Tabela 16 – Parque Cantareira: dados da coleta TSBF em ambiente úmido (Ind.m²).

[illegible]

A avaliação taxonômica (BRESCOVIT et al.; 2007) para as classes Arachnida e Chilopoda, é detalhada na tabela 17. Na coleta dos monólitos do ambiente seco, foram capturados apenas 2 exemplares por m² da família Aphilodontidae. No caso da ordem Araneae, somente 1 exemplar por m² foi coletado em ambiente úmido, no caso 1 indivíduo da família Idiopidae. Para os indivíduos que não puderam ser identificados ao nível de espécie, foram atribuídos indicadores morfológicos temporários (“sp 1”) devido a incertezas na nomenclatura, e dessa forma, apresentam-se como resultado as morfoespécies.

Tabela 17 - Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da classe Arachnida e Chilopoda

Período	Ambiente	Método de coleta	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Total Ind. m² por TSBF
Inverno	Seco	TSBF	Chilopoda	Geophilomorpha	Aphilodontidae	Aphilodon	sp.1	2
	Úmido		Arachnida	Araneae	Idiopidae	Idiops	sp.1	1
Média por TSBF								3

O monólito foi coletado em 21/09/2014.

A avaliação taxonômica para a ordem Coleoptera segundo procedimento iniciado por Murray (1864) e aprimorado por Kirejtshuk (2008), Vaz – De – Mello et al. (2011) e Casari & Ide (2012) é apresentada na tabela 18. Foram encontrados em ambiente seco apenas um indivíduo da morfoespécie *Staphylinidae* sp.17 e para ambiente úmido um indivíduo de *Leucothyreus* sp.1 e *Chrysomelidae* sp.2. A família Staphylinidae apresenta importante função ecológica, ou seja, tem o hábito escavatório o que provoca o revolvimento de solo. Nota-se que para o parque Cantareira, a presença de drenagem, possibilitou a coleta de indivíduos dessa ordem, o que não ocorreu em ambiente seco. A presença dessas morfoespécies de coleóptera somente em ambiente úmido, demonstra correlação positiva entre elas, a umidade do solo e a presença de drenagem no ambiente. O aumento de total coleópteros/m² em relação ao parque Ciente foi de 100%.

Tabela 18 - Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da ordem Coleoptera.

Período	Ambiente	Método de coleta	Ordem	Subordem	Família	Subfamília	Tribu	Gênero	Espécie	Total Ind. m ² por TSBF
Inverno	Seco	TSBF	Coleoptera	Polyphaga	Staphylinidae				Staphylinidae sp.17	1
Inverno	Úmido	TSBF	Coleoptera	Polyphaga	Scarabaeidae	Rutelinae	Geniatini	Leucothyreus	Leucothyreus sp.1	4
Inverno	Úmido	TSBF	Coleoptera	Polyphaga	Chrysomelidae				Chrysomelidae sp.2	1
Média por TSBF										6

O monólito foi coletado em 21/09/2014.

O monólito foi coletado em 3/10/2014.

A avaliação taxonômica (BARTZ, 2011) para a ordem Oligoqueta está detalhada por espécies e ambientes divergentes nas tabelas 19 e 20. Foram encontrados um total de 147 minhocas por m², ou seja 31% de aumento em relação ao parque Cientec. No ambiente seco a incidência é de 67 minhocas por m² e no ambiente úmido 80 minhocas por m² o que representa um aumento de 19 % no total de exemplares devido a presença de drenagem no ambiente e consequente aumento de umidade. Quanto à riqueza de espécies, da família Glossoscolecidae foi identificada a *Pontoscolex corethrurus* (MULLER, 1857), que foi encontrada nos 2 ambientes (seco e úmido), a família Megascolecidae também encontrada em ambos e a espécie *Amyntas gracilis* (KINBERG, 1857) somente em ambiente úmido, o que permite pontuar a correlação positiva dela para umidade.

Tabela 19 – Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da classe oligoqueta para ambiente

seco

Dados do Parque Cantareira			Minhocas.m ²		
Família		Glossoscolecidae	Megascolecidae	Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Megascolecidae		
TSBF 1	0-10	33	-	-	33
	10-20	22	-	-	22
	20-30	-	-	-	-
TSBF 2	0-10	22	-	-	22
	10-20	11	-	-	11
	20-30	-	-	-	-
TSBF 3	0-10	-	-	-	-
	10-20	22	-	-	22
	20-30	-	-	-	-
TSBF 4	0-10	133	-	-	133
	10-20	56	-	-	56
	20-30	-	-	-	-
TSBF 5	0-10	33	-	-	33
	10-20	22	-	-	22
	20-30	-	-	-	-
TSBF 6	0-10	-	11	-	11
	10-20	22	-	-	22
	20-30	-	-	-	-
TSBF 7	0-10	22	-	-	22
	10-20	67	-	-	67
	20-30	-	-	-	-
TSBF 8	0-10	22	-	-	22
	10-20	44	-	-	44
	20-30	-	-	-	-
TSBF 9	0-10	11	-	-	11
	10-20	33	-	11	44
	20-30	-	-	-	-
Média por TSBF		64	1	1	67

Data da Coleta 21/09/2014.

A espécie *Pontoscolex corenthurus* aumentou em 14 % sua ocorrência com a inserção da drenagem na parcela amostral e frente ao parque Cientec, aumentou 20% em relação à sua ocorrência total, se avaliados os ambientes seco e úmido em conjunto. O parque totalizou 138 *P. corenthurus* por m². Foram também identificados 3 indivíduos juvenis por m² que não puderam ser avaliados ao nível de espécie, uma vez que esses indivíduos não possuíam todas as estruturas morfológicas desenvolvidas, as quais são necessárias na avaliação taxonômica.

Tabela 20 – Parque Cantareira: detalhamento taxonômico da classe oligoqueta para ambiente úmido

Dados do Parque Cantareira		Minhocas.m²				
Família		Glossoscolecidae	Megascolecidae		Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	Pontoscolex corethrurus	Amyntas gracilis	Megascolecidae		
TSBF 1	0-10	11	-	11	-	22
	10-20	11	-	-	-	11
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 2	0-10	111	-	-	-	111
	10-20	-	-	-	11	11
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 3	0-10	111	-	-	-	111
	10-20	-	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 4	0-10	100	11	-	-	111
	10-20	-	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 5	0-10	44	-	-	-	44
	10-20	11	-	-	-	11
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 6	0-10	44	-	-	-	44
	10-20	11	-	-	-	11
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 7	0-10	44	-	-	-	44
	10-20	33	-	-	-	33
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 8	0-10	22	-	-	-	22
	10-20	56	-	-	-	56
	20-30	11	-	11	11	33
TSBF 9	0-10	33	-	-	-	33
	10-20	11	-	-	-	11
	20-30	-	-	-	-	-
Média por TSBF		74	1	2	2	80

Data da Coleta : 03/10/2014

5.2.2 Avaliação de variáveis climáticas do Cantareira e Jaraguá

Para a análise dos atributos climáticos do parque Cantareira e Jaraguá foi utilizada a série anual que se inicia em 01 de dezembro de 2013 e finaliza em 30 de novembro de 2014 (Tabela 21). Foi utilizada para fins de comparação com a série anual, a série histórica da estação meteorológica instalada no Instituto Florestal (Latitude 23°45'S - Longitude 46°36' W; altitude 775 metros) para o período entre 1992 e 2007 e também a série histórica da estação Normal Climatológica do Mirante de Santana - INMET (Latitude 23° 30'S, Longitude 46° 37'W; altitude 792 metros) para o período entre 1961 e 1990. Os parques não possuem estação de monitoramento climatológico própria, portanto, decidiu-se pela utilização do mesmo banco de dados climatológico para ambos. Esse recorte foi possível devido os sítios encontrarem-se próximos geograficamente e sofrerem influência dos mesmos fenômenos climáticos. Para tal, serão utilizados como base, os dados da Estação Climatológica do Mirante de Santana.

De acordo com o gráfico 4 e os dados da tabela 21, na estação do verão, ou seja, entre os meses de dezembro até março, houve um acúmulo de 665,5 mm de precipitação, o que caracteriza o período como úmido. Janeiro foi o mês que mais acumulou precipitação, com 237,9 mm, seguido de março com 226,9 mm e fevereiro com 197,6 mm. A temperatura média do ar foi de 23,3°C em dezembro, em janeiro ocorreu um aumento e passou a 25,1°C, fevereiro novamente sofre um leve aumento e apresenta 25,4°C, caracterizando-se como o mês mais quente e o segundo mais seco do período. A umidade relativa acompanhou o aumento e diminuição das temperaturas; de 70,8 % em dezembro, sofreu uma queda para 67% em janeiro, 63,1% em fevereiro, e um aumento em março, com 75,3%.

Tabela 21 – Média anual com totais mensais de precipitação, umidade relativa e temperaturas do ar e média histórica anual da estação Mirante de Santana e estação do Instituto Florestal.

	Unidade	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Média Anual	Média Histórica¹ (1961-1990)	Média Histórica² (1992-2007)
Precipitação total	mm	83,1	237,9	197,6	226,9	79,7	46,0	26,5	35,5	29,5	58,7	25,2	117,5	1164,2	1454,8	1322,0
UR média	%	70,8	67,0	63,1	75,3	75,2	73,6	71,4	69,9	65,6	65,9	59,2	70,7	69,0	78,0	83,7
Temperatura	°C	23,3	25,1	25,4	23,1	21,1	18,8	18,6	17,2	18,9	21,2	22,4	22,0	21,4	19,3	19,9

Gráfico 4 - Média mensal de precipitação e da temperatura do ar – série anual (1 de dezembro de 2013 a 31 de novembro de 2014) do parque Cantareira e Jaraguá.

No parque Cantareira, os monólitos foram retirados no ambiente úmido dia 03 de outubro de 2014 e no ambiente seco dia 21 de setembro de 2014 ; no Jaraguá, os monólitos de ambiente úmido foram retirados em 18 de setembro de 2014 e os de ambiente seco foram retirados em 20 de setembro de 2014. De acordo com o gráfico 5, no dia 18 não ocorreu precipitação e a temperatura média foi de 20,5°C; no dia 19 ocorreu 2mm de precipitação e a temperatura média foi de 19,3°C; no dia 20 houve 1,2 mm de precipitação e a temperatura média foi de 20,3°C; no dia 21 ocorreu 4,8 mm de precipitação e a temperatura média foi de 18,3°C. Entre os dias 22 e dia 25 não houve precipitação; no dia 26 ocorreu 0,1 mm de precipitação e a temperatura média foi de 20,6°C; no dia 27 ocorreu 20,8 mm de precipitação e a temperatura média foi de 19,1°C; entre os dias 28 e 29 não houve precipitação; no período entre 26 e 03, ocorreu o acúmulo de 26 mm de precipitação e a temperatura média foi de 15,9°C no dia da coleta. Ou seja, ocorreu pouca chuva para o período, entretanto, os solos mantiveram-se úmidos entre superfície e 10 cm de profundidade.

Gráfico 5 - Média diária de precipitação e de temperatura do ar – período de retirada de monólitos do parque Cantareira e Jaraguá.

A coleta dos monólitos do parque Cantareira ocorreu dia 21 de setembro de 2014 e totalizou 83 Ind.m². A incidência de Ind.m² na coleta realizada em ambiente seco foi entre 0 -10 cm de profundidade 49%, entre 10-20 cm foi de 51% e entre 20 e 30 cm foi de 0%. Observa-se que no dia da coleta, ocorreu uma precipitação de 4,8 mm, o que explica o aumento de espécimes na profundidade de 10-20 cm. De acordo com o gráfico 6 os gradientes das temperaturas de superfície, 5 cm e 10 cm do solo foram as que mais variam diariamente. A temperatura de superfície na data de coleta chegou a variar 10°C entre 6 horas da manhã e 14 horas e 12,7°C de 14 horas até as 22 horas; a temperatura do solo a 5 cm de profundidade, chegou a variar 5°C entre 8 horas da manhã e 15 horas e 6°C de 15 horas até 22 horas e a temperatura de 10 cm variou 3,2°C entre 10 horas da manhã e 16 horas e 3°C entre 16 horas e 22 horas, enquanto que a temperatura da profundidade de 20 cm, variou somente 1,5°C e entre 30 cm e 40 cm somente 0,2°C.

No ambiente úmido, a coleta foi realizada em 03 de outubro de 2014, o totalizando 91 Ind.m², de forma que ocorreu um aumento de 10% do total de Ind.m² se considerarmos a mudança de ambiente, devido a influência da umidade causada pela presença de drenagem. Simpson et al. (2012) destacam os possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre a ocorrência da pedofauna, essencialmente à influência na umidade do solo (HOLMSTRUP et al., 2012), o que se verificou como correlação positiva para ambiente úmido, no caso do parque Cantareira. Esse resultado se mostrou como exceção, pois foi o único parque que apresentou aumento de indivíduos frente à inserção da umidade na parcela amostral. A incidência de Ind.m² na coleta realizada em ambiente úmido foi entre 0 -10 cm de profundidade 78%, entre 10-20 cm foi de 18% e entre 20 e 30 cm foi de 4%. Observa-se que no dia da coleta, ocorreu uma precipitação de 0,1 mm, mas o solo permanece úmido na área devido também às características ambientais do entorno da parcela, que foi instalada paralelamente à canal de drenagem. É possível avaliar pelo gráfico 6 que a temperatura de superfície na data da coleta variou 18,4°C entre 6 horas da manhã e 12 horas e 18,3°C entre 12 horas e 22 horas, a temperatura de 5 cm de profundidade variou 10,2°C entre 6 horas e 15 horas e 10,5°C entre 15 e 22 horas e a temperatura de 10 cm de profundidade variou 7,6°C entre 6 horas da manhã e 16 horas e 5,6°C entre 16 horas e 22 horas, enquanto que nas profundidades de 20 cm a variação foi de 3°C e entre 30 cm e 40 cm a variação foi de no máximo 0,5°C.

Conclui-se que para os dois ambientes onde foram realizadas as coletas, fatores climáticos tiveram relação direta com a estratégia de sobrevivência das minhocas (MOÇO et

al., 2005) e especialmente com a adaptabilidade de algumas espécies. De acordo com Bandeira & Harada (1998) e Fernandes et al. (2011) as oscilações de temperatura, temperatura do solo, precipitação, umidade e características climatológicas das estações do ano, são fatores que influenciam diretamente a densidade faunística do solo, além de alterar a função ecológica desenvolvida pelas espécies e consequentemente sua dinâmica de movimentação. No ambiente seco foram encontrados indivíduos da espécie *P. corenthurus* e da família Megaloscidae, enquanto que em ambiente úmido a riqueza de indivíduos aumentou, onde foram encontradas as espécies *P. corenthurus*, *A. gracilis* e exemplares da família Megaloscidae. *P. corenthurus* e Megaloscidae demonstraram estarem mais adaptados às diversidades climáticas, enquanto que *A. gracilis* apresentou correlação positiva com umidade. Pode-se interpretar uma correlação positiva entre espécies encontradas/estratificação no solo/temperatura do solo/habito alimentar/função ecológica, aspectos que serão discutidos no item 5.5.

Gráfico 6 – Variação de temperatura do solo por profundidade nos dias de coleta de TSBF no parque Cantareira e Jaraguá.

A coleta dos monólitos do parque Jaraguá em ambiente seco ocorreu dia 20 de setembro de 2014 e totalizou 159 Ind.m². A incidência de Ind.m² na coleta realizada em ambiente seco foi entre 0 -10 cm de profundidade 64%, entre 10-20 cm foi de 30% e entre 20 e 30 cm foi de 6%. Observa-se que no dia da coleta, ocorreu uma precipitação de 1,2 mm e no dia anterior 2 mm, ou seja, o solo estava úmido. De acordo com o gráfico nº 06 os gradientes das temperaturas de superfície, 5 cm e 10 cm do solo foram as que mais variam diariamente. A temperatura de superfície na data de coleta variou 2,9°C entre 6 horas da manhã e 13 horas e 4,4°C de 13 horas até as 22 horas; a temperatura do solo a 5 cm de profundidade, chegou a variar 2,1°C entre 6 horas da manhã e 15 horas e 4°C de 15 horas até 22 horas e a temperatura

de 10 cm variou 1,2°C entre 6 horas da manhã e 16 horas e 1°C entre 16 horas e 22 horas, enquanto que a temperatura da profundidade de 20 cm, variou somente 1,0°C e entre 30 cm e 40 cm somente 0,3°C.

No ambiente úmido, a coleta realizada em 18 de setembro de 2014 totalizou 148 Ind.m², de forma que ocorreu uma queda de 7% do total de indivíduos se considerarmos a mudança de ambiente, devido a influência da umidade. É possível avaliar pelo gráfico 6 que a temperatura de superfície na data da coleta variou 22,6°C entre 6 horas da manhã e 12 horas e 20,8°C entre 12 horas e 22 horas, a temperatura de 5 cm de profundidade variou 15°C entre 6 horas e 15 horas e 9,1°C entre 15 e 22 horas e a temperatura de 10 cm de profundidade variou 10,1°C entre 6 horas da manhã e 16 horas e 5°C entre 16 horas e 22 horas, enquanto que nas profundidades de 20 cm a variação foi de 4,3°C e entre 30 cm e 40 cm a variação foi de no máximo 0,3°C.

No caso do parque Jaraguá, assim como ocorre no parque Cientec, uma possível explicação para a diminuição de frequências em ambientes úmidos é que os organismos coletados não estariam adaptados à umidade. Segundo STEFFEN (2012) a maioria das minhocas brasileiras não consegue se adaptar à solos saturados, próximos as nascentes ou em áreas com acúmulo de água, características da região onde foi implantada a parcela de área úmida, o que explica a queda de incidência. Conclui-se que nos dois ambientes onde foram realizadas as coletas, fatores climáticos tem relação direta também com a estratégia de sobrevivência das minhocas (MOÇO et al., 2005) e especialmente com a adaptabilidade de algumas espécies. De acordo com Bandeira & Harada (1998) e Fernandes et al. (2011) as oscilações de temperatura do ar, temperatura do solo, precipitação, umidade e características climatológicas das estações do ano, são fatores que influenciam diretamente a densidade faunística do solo, além de alterar a função ecológica desenvolvida pelas espécies (vide item 5.5). No ambiente seco foram encontrados a espécie *P. corenthurus* e *Fimoscolex* sp1, enquanto que em ambiente úmido foram encontrados indivíduos de *P. corenthurus*, *M. californica* e família Megaloscidae. *P. corenthurus* demonstrou ser a espécie mais adaptada à diversidades climáticas, enquanto que *Fimoscolex* sp1 apresentou correlação positiva com umidade e *M. californica* e família Megaloscidae, correlação negativa com umidade.

Nota-se um padrão que foi observado para todos os parques, todos os ambientes e em todas as datas de coleta: as camadas mais profundas (20 cm, 30 cm e 40 cm) demoram mais tempo para se aquecer e se resfriar, podendo ser consideradas mais estáveis devido a baixa amplitude de temperaturas, enquanto que as camadas superficiais (até 10 cm)

aquecem-se e resfriam-se mais rapidamente, gerando uma amplitude térmica muito maior. É interessante ressaltar um segundo padrão analisado em todos os sítios: a máxima de superfície dá-se em torno de 12 horas e 13 horas, enquanto que a máxima de 5cm dá-se em torno das 14 horas e 15 horas e máxima de 10 cm dá-se em torno das 16 horas. A precipitação e umidade podem interferir na variação das temperaturas, que mesmo assim, terá amplitude maior nas camadas até 10 cm de profundidade.

5.2.3 Análise dos atributos químicos do solo

No Plano de Manejo do parque Cantareira (2009) é citado que as análises químicas de solo demonstraram homogeneidade na maioria das amostras coletadas. Os solos foram classificados como muito lixiviados, ácidos a extremamente ácidos, com soma de bases baixa (SB abaixo de 50%, tornando-os distróficos) e saturação por alumínio elevada (m% acima de 50%, tornando-os álicos) e com baixa fertilidade natural (V% abaixo de 50%), resultados semelhantes para o ambiente seco, demonstrados na tabela 22. O documento menciona que os solos do parque são argilosos em sua granulometria, tem profundidade variada onde predominam os pouco profundos e que a drenagem interna é variada, sendo mais comuns os solos moderadamente drenados, que, aliados ao clima úmido, permitem a disponibilização de água durante o ano todo. De acordo com a figura 19, onde foi instalada a parcela amostral em ambiente seco, apresenta Cambissolo e uma faixa de Latossolo Vermelho – Amarelo e na parcela de ambiente úmido encontra-se Cambissolo.

Figura 19 – Síntese parque Cantareira

Fonte: Adaptado do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009).

Tabela 22 - Atributos químicos do solo no parque Cantareira em ambiente seco (na profundidade 0 – 30cm)

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg. ⁻¹)	25	16	17	31	24	29	25	32	23	15	37	32	35	48	51	32	32	21
pH_H2O	4,1	4,4	4,2	4,5	4,5	4,1	4,2	3,9	4,1	4,2	4,2	4	4,1	3,8	4,1	4	4	4,1
pH KCl	3,6	3,8	3,7	3,7	3,8	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7	3,5	3,5	3,5	3,3	3,5	3,6	3,5	3,5
P (mg.kg ⁻¹)	3	2	2	3	4	5	6	4	3	3	5	6	9	5	7	7	6	5
K (mmolc.kg ⁻¹)	3	3	3	7	5	4	5	3	3	5	4	6	5	3	6	5	3	5
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	3	4	2	14	8	6	10	3	2	5	21	7	4	2	5	7	4	3
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	2	3	1	7	4	4	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	2	2
Al (mmolc.kg ⁻¹)	36	22	28	22	24	41	26	40	37	21	32	40	54	62	59	39	38	35
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	113	79	85	112	99	128	101	167	127	81	160	145	167	187	201	154	137	132
SB (mmolc.kg ⁻¹)	8	10	6	28	17	14	18	8	7	13	28	16	12	7	14	15	9	10
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	121	89	91	140	116	142	119	175	134	94	188	161	179	194	215	169	146	142
V (%)	7	11	7	20	15	10	15	5	5	14	15	10	7	4	7	9	6	7
m (%)	82	69	82	44	59	75	59	83	84	62	53	71	82	90	81	72	81	78

A partir da tabela 22 e 23 pode-se inferir que os ambientes seco e úmido apresentam características químicas divergentes. Enquanto que o ambiente seco apresentou resultados mais homogêneos para os 9 monólitos coletados, o ambiente úmido demonstra um mosaico de características entre os monólitos, especialmente para os índices de macronutrientes , pH e m%. O ambiente seco denota uma média de 83 Ind.m², 67 minhocas.m² por monólito coletado e somente indivíduos de *P. corenthurus* e da família Megascolecidae para as minhocas. Além disso, maior concentração de carbono orgânico (C.O), elevada acidez, baixa e média biodisponibilidade para P, alta para K, media e alta para Ca, média para Mg e alta para Al, solos distróficos, álicos e com baixa fertilidade natural.

O ambiente úmido apresenta uma média de 91 Ind.m² 80 minhocas.m² por monólito, ou seja, aumento de 10% de Ind.m² e 19% minhocas.m² se comparado ao ambiente seco, além da presença de indivíduos de *P. corenthurus*, *A. gracilis* e família Megascolecidae, ou seja, aponta também uma riqueza maior, além de um mosaico de características químicas. Bandeira e Harada (1998) observaram existir uma relação direta entre fator pH e matéria orgânica, em que valores elevados de matéria orgânica, implicam em valores baixos de pH, o que também ocorreu para o ambiente seco do parque Cantareira no ambiente seco. Se comparada a média de minhocas.m² por monólitos do parque Cientec com a média de minhocas.m² por monólito do parque Cantareira nesse ambiente, temos uma diminuição de 11%, porém a dominância de *P. corenthurus* se mantém nesse ambiente para os dois parques.

Tabela 23 - Atributos químicos do solo no parque Cantareira em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30cm)

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg. ⁻¹)	13	20	11	22	6	16	13	19	17	22	27	25	21	31	28	23	26	36
pH_H2O	5,5	5,5	5	5	5,1	5,1	5,3	4,8	4,9	4,6	5,1	4,6	5,7	5,9	5,6	5,6	5,1	5,4
pH KCl	4,5	4,7	3,9	4,3	4	4	4,5	3,7	3,9	3,8	4,2	3,7	4,9	5,2	4,6	5	4,1	4,7
P (mg.kg ⁻¹)	4	5	4	5	1	5	10	8	8	8	9	9	8	8	7	4	7	6
K (mmolc.kg ⁻¹)	8	8	7	8	6	8	8	6	6	7	8	6	8	8	7	8	7	8
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	77	35	25	35	12	21	35	15	16	16	33	17	48	110	40	44	28	87
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	10	11	13	10	7	8	12	5	7	5	13	6	17	20	10	14	8	18
Al (mmolc.kg ⁻¹)	6	< 1	17	5	12	6	2	25	10	21	3	30	< 1	< 1	< 1	< 1	11	2
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	37	45	53	63	36	69	78	75	70	86	73	82	53	55	68	56	86	81
SB (mmolc.kg ⁻¹)	95	54	45	53	25	37	55	26	29	28	54	29	73	138	57	66	43	113
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	132	99	98	116	61	106	133	101	99	114	127	111	126	193	125	122	129	194
V (%)	72	55	46	46	41	35	41	26	29	25	43	26	58	72	46	54	33	58
m (%)	6	2	27	9	32	14	4	49	26	43	5	51	1	1	2	0	20	2

Em ambiente úmido o teor de carbono orgânico (C.O) continua elevado, porém em menor concentração que no ambiente seco; a acidez nos monólitos n° 7 e n° 8 foi baixa, no n° 1, n° 2, n°3 e n°9 foi média e nos n°4, n° 5 e n° 6 foi alta. Observa-se um aumento, frente ao ambiente úmido, para a biodisponibilidade de todos os nutrientes, com índices alto, médio e baixo para P, alto e muito alto para K, alto para Ca e médio e alto para Mg e Al. A saturação de bases (V%) foi média o que demonstra um ambiente mais fértil se comparado ao seco, enquanto que os parâmetros CTC, H+AL foram elevados e m% foi baixa, sendo esse último considerado não prejudicial para as plantas.

O aumento da média de minhocas.m² por monólito nesse ambiente (80 minhoca.m²), se comparado com o parque Cientec (37 minhocas.m²), foi de 116 %, o que se justifica pelo aumento da disponibilidade dos macronutrientes, pH menos ácidos de forma geral e elevado teor de carbono orgânico (C.O). Ou seja, encontrou-se uma correlação positiva entre aumento do pH e aumento de disponibilidade de macronutrientes com a maior de incidência de minhocas.m², Ind.m² e riqueza de espécies, respostas já apontadas por Geissen e Guzman (2006) e Bandeira e Harada (1998) que relatam a influência da acidez sobre a fauna do solo. E também correlação positiva para as espécies encontradas e granulometria argilosa do solo, hipótese que precisa de mais avaliações para confirmação.

Tabela 27 – Parque Jaraguá: dados da coleta TSBF em ambiente úmido (Ind.m²).

	Prof. (cm)	Oligochaeta	Diplopode	Coró	Blattodea	Isopoda	Coleoptera	Lagarta	Arachnida	Chilopoda	Totais
TSBF1	0-10	156	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	22	-	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF2	0-10	44	22	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	44	-	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	189	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF3	0-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF4	0-10	11	22	11	-	-	-	-	-	-	
	10-20	11	11	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF5	0-10	11	89	11	-	-	-	-	-	-	
	10-20	11	33	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	33	44	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF6	0-10	33	-	-	-	-	11	-	-	-	
	10-20	67	11	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	11	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF7	0-10	22	11	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	56	11	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF8	0-10	-	33	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	11	22	-	11	-	-	-	-	-	
	20-30	11	11	-	-	-	-	-	-	-	
TSBF9	0-10	22	111	-	-	-	-	-	-	-	
	10-20	22	56	-	-	-	-	-	-	-	
	20-30	-	-	-	-	-	-	-	-	11	
Média por TSBF		88	54	2	1	-	1	-	-	1	148
0-10		33	32	2	-	-	1	-	-	-	69
10-20		27	16	-	1	-	-	-	-	-	44
20-30		27	6	-	-	-	-	-	-	1	35

A avaliação taxonômica (BRESCOVIT et al.; 2007) para classe Chilopoda e Diplopoda, é detalhada na tabela 28. Na coleta dos monólitos do ambiente seco, foram capturados 11 exemplares por m², 10 da classe Diplopoda, família Chelodesmidae e 1 da classe Chilopoda, família Aphilodontidae. Para ambiente úmido, foram capturados 55 exemplares por m², 44 da classe Diplopoda, família Chelodesmidae e 1 da classe Chilopoda da família Geophilomorpha, totalizando 56 Ind.m². Analisando a proporção de quilópodes e diplópodes, tem-se 96 % de frequência para a família Chelodesmidae que aumentou 3,4x quando encontrada em ambiente úmido e 4% de frequência de Aphilodontidae, que se manteve em mesma proporção nos ambientes divergentes. O aumento do total de Ind.m² foi de 17x frente ao parque Ciente e Cantareira.

Tabela 28 - Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da classe Chilopoda e Diplopoda.

Período	Ambiente	Método de coleta	Classe	Ordem	Família	Gênero	Espécie	Total Ind. m² por TSBF
Inverno	Seco	TSBF	Diplopoda	Polydesmida	Chelodesmidae	Leptodesmus	sp.1	10
			Chilopoda	Geophilomorpha	Aphilodontidae	Aphilodon	sp.1	1
	Úmido		Diplopoda	Polydesmida	Chelodesmidae	Leptodesmus	sp.1	44
			Chilopoda	Geophilomorpha	Aphilodontidae	Aphilodon	sp.1	1
Média por TSBF								56

O monólito foi coletado em 20/09/2014.

O monólito foi coletado em 18/09/2014.

A avaliação taxonômica para a ordem Coleoptera segundo procedimento iniciado por Murray (1864) e aprimorado por Kirejtshuk (2008), Vaz – De – Mello et al. (2011) e Casari & Ide (2012) é apresentada na tabela 29. Foram encontrados em ambiente úmido apenas um indivíduo da família Scarabaeidae do morfotipo *Cathidium* sp.1. A família Scarabaeidae, assim como a família Staphylinidae apresentam importante função ecológica, ou seja, tem o hábito escavatório o que provoca o revolvimento de solo. Nota-se que para o parque Jaraguá, a presença de drenagem, possibilitou a coleta de indivíduos dessa ordem, o que não ocorreu em ambiente seco. A presença dessa morfoespécie de coleóptera somente em ambiente úmido, demonstra correlação positiva entre ela e a umidade do solo e do ambiente.

Tabela 29 - Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem coleóptera.

Período	Ambiente	Método de coleta	Ordem	Subordem	Família	Subfamília	Tribo	Gênero	Espécie	Total Ind. m ² por TSBF
Inverno	Úmido	TSBF	Coleoptera	Polyphaga	Scarabaeidae	Scarabaeinae	Ateuchini	Cathidium	Cathidium sp.1	1
Média por TSBF										1

O monólito foi coletado em 18/09/2014.

A avaliação taxonômica (BARTZ, 2011) para a ordem Oligoqueta está detalhada por espécies e ambientes divergentes nas tabelas 30 e 31. Foi encontrado um total de 199 minhocas.m², ou seja, ocorreu 34% de aumento desses organismos em relação ao parque Cientec e 26% de aumento em relação ao parque Cantareira. No ambiente seco a incidência é de 111 minhocas.m² e no ambiente úmido 88 minhocas.m² o que representa uma redução de 21 % no total de exemplares devido a presença de umidade no ambiente. Quanto à riqueza de espécies foi identificada no total duas espécies da família Glossoscolecidae, a *Pontoscolex corenthurus* (MULLER, 1857), que foi encontrada nos 2 ambientes (seco e úmido) e a *Fimoscolex* sp.1 somente no ambiente seco. Além disso, foi encontrada somente em ambiente seco, e a espécie *Metaphyre californica* (KINBERG, 1867) e indivíduos da família Megascolecidae somente em ambiente úmido, o que permite pontuar a correlação positiva entre umidade e *M. californica*.

A espécie *Pontoscolex corenthurus* reduziu em 39 % sua ocorrência com a inserção da drenagem no design amostral. Frente ao parque Cientec, aumentou sua incidência em 38% e frente ao parque Cantareira aumentou sua incidência em 22%, em relação à sua ocorrência total se avaliados os ambientes seco e úmido em conjunto. O parque Jaraguá totalizou 176 indivíduos *P. corenthurus* por m². Foram também identificados 7 indivíduos juvenis por m², que não puderam ser avaliados ao nível de espécie, uma vez que esses indivíduos não possuíam todas as estruturas morfológicas desenvolvidas, as quais são necessárias na avaliação taxonômica.

Tabela 30 – Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente

seco

Dados do Parque Jaraguá		Minhocas.m ²			
Família		Glossoscolecidae		Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	<i>Fimoscolex</i> sp.1	<i>Pontoscolex corethrurus</i>		
TSBF 1	0-10	-	33	-	33
	10-20	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-
TSBF 2	0-10	-	-	-	-
	10-20	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-
TSBF 3	0-10	-	67	-	67
	10-20	-	22	-	22
	20-30	-	-	-	-
TSBF 4	0-10	-	244	-	244
	10-20	-	200	-	200
	20-30	-	78	-	78
TSBF 5	0-10	-	122	-	122
	10-20	-	44	-	44
	20-30	-	-	-	-
TSBF 6	0-10	-	-	-	-
	10-20	-	67	-	67
	20-30	-	-	-	-
TSBF 7	0-10	-	56	-	56
	10-20	-	33	-	33
	20-30	-	-	-	-
TSBF 8	0-10	-	11	11	22
	10-20	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-
TSBF 9	0-10	11	-	-	11
	10-20	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-
Média por TSBF		1	109	1	111

Data da Coleta 20/09/2014

Tabela 31 – Parque Jaraguá: detalhamento taxonômico da ordem Oligoqueta para ambiente úmido

Dados do Parque Jaragua		Minhocas.m ²				
Família		Glossoscolecidae	Megascolecidae		Juvenis	TOTAL
Amostra	Profundidade	Pontoscolex corethrurus	Metaphire californica	Megascolecidae		
TSBF 1	0-10	144	-	11	-	156
	10-20	22	-	-	-	22
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 2	0-10	44	-	-	-	44
	10-20	44	-	-	-	44
	20-30	178	11	-	-	189
TSBF 3	0-10	-	-	-	-	-
	10-20	-	-	-	-	-
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 4	0-10	-	11	-	-	11
	10-20	-	11	-	-	11
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 5	0-10	-	-	-	11	11
	10-20	-	-	11	-	11
	20-30	33	-	-	-	33
TSBF 6	0-10	33	-	-	-	33
	10-20	44	-	22	-	67
	20-30	11	-	-	-	11
TSBF 7	0-10	-	-	11	11	22
	10-20	33	-	11	11	56
	20-30	-	-	-	-	-
TSBF 8	0-10	-	-	-	-	-
	10-20	-	-	-	11	11
	20-30	-	-	-	11	11
TSBF 9	0-10	11	-	11	-	22
	10-20	-	-	22	-	22
	20-30	-	-	-	-	-
Média por TSBF		67	4	11	6	88

Data da Coleta : 18/09/2014

5.3.2 Análise dos atributos químicos do solo

O Plano de Manejo do Parque Jaraguá (2010) cita que os solos encontrados no parque são argilosos em sua granulometria e tem profundidade variada, dominando os solos pouco profundos. A drenagem interna desses solos também é variada, sendo mais comuns os moderadamente drenados que aliados ao clima úmido, permitem a disponibilização de água durante o ano todo. De acordo com a figura 20, o solo onde foi instalada a parcela amostral em ambiente seco é Latossolo Vermelho - Amarelo e na parcela de ambiente úmido apresenta-se associação de Cambissolo e Argissolo e Latossolo Vermelho - Amarelo. Os solos do parque Jaraguá apresentam características químicas mais homogêneas para as amostras coletadas nos ambientes estudados se comparadas às amostras coletadas nos parques Cientec e Cantareira, assim como apresentaram solos menos ácidos, teores elevados de carbono orgânico (C.O) e maior disponibilidade de nutrientes, particularmente Ca, se comparados com os outros parques. Os dados podem ser observados nas tabelas 32 e 33. O parque Jaraguá apresentou 76% no aumento de Ind.m² se comparado ao Cantareira e 119% de aumento se comparado ao Cientec. Em relação às minhocas.m² o Jaraguá apresentou um aumento de 54% frente ao Cantareira e 174% frente ao Cientec.

Tabela 32 - Atributos químicos do solo no parque Jaraguá em ambiente seco (na profundidade 0 – 30 cm).

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg ⁻¹)	37	34	30	16	24	28	31	54	30	21	79	20	26	23	19	17	18	20
pH_H2O	5,2	5,3	5,2	4,9	5,5	4,9	5,7	4,7	6,2	5,7	6,4	5,6	6	5,5	6,4	5,3	5,5	5,8
pH KCl	4,4	4,6	4,4	3,9	4,5	4	5	3,8	5,8	4,8	6,1	4,8	5,1	4,6	5,9	4,3	4,2	5,2
P (mg.kg ⁻¹)	4	3	4	2	2	3	3	8	3	2	7	2	5	4	3	2	4	3
K (mmolc.kg ⁻¹)	5	5	3	2	4	3	4	6	6	2	8	5	4	4	7	3	5	8
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	91	93	38	7	26	20	88	21	124	44	262	32	43	33	89	18	30	79
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	13	12	8	2	6	5	10	8	11	8	23	11	8	11	11	8	8	19
Al (mmolc.kg ⁻¹)	< 1	< 1	2	16	< 1	11	< 1	25	2	3	< 1	< 1	< 1	4	< 1	6	6	6
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	94	70	78	75	72	92	65	113	45	47	52	50	63	70	31	50	63	42
SB (mmolc.kg ⁻¹)	109	110	49	11	36	28	102	35	141	54	293	48	55	48	107	29	43	106
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	203	180	127	86	108	120	167	148	186	101	345	98	118	118	138	79	106	148
V (%)	54	61	39	13	33	23	61	24	76	53	85	49	47	41	78	37	41	72
m (%)	0	1	4	59	0	28	0	42	1	5	0	0	0	8	0	17	12	5

O ambiente seco denota uma média de 159 Ind.m² e 111 minhocas.m² por monólito coletado e somente indivíduos de *P. corenthurus* e *Fimoscolex* sp 1 para as minhocas. Além disso, taxa elevada de carbono orgânico (C.O), acidez moderada (baixa para monólitos 1-4 e média para monólitos 5-9), muito baixa e média biodisponibilidade para P, media a muito alta para K, alta para Ca, média a alta para Mg e baixo para Al, com saturação de bases abaixo de 50% (distrófico), saturação por alumínio acima de 50% (állico), CTC, H+AL foram muito bons e m% foi baixa, sendo não prejudicial para as plantas. O ambiente úmido apresenta uma média de 148 Ind.m² por monólito e consequentemente, uma redução de 7% se comparado ao ambiente seco e 88 minhocas.m², uma redução de 21% porém, representa uma riqueza maior de espécies uma vez que foram encontrados indivíduos de *P. corenthurus*, *M. californica* e família Megascolecidae. Em ambiente úmido os monólitos apresentaram C.O elevado, porém em menor concentração que no ambiente seco, solos menos ácidos do que em ambiente seco, a saturação de bases (V%) alta, os índices dos nutrientes Ca e Mg foram altos, especialmente Ca, P e K se elevaram para muito altos e Al ficou muito baixo. Os parâmetros CTC, H+AL foram muito bons e m% foi baixa, sendo esse último considerado não prejudicial para as plantas. Ou seja, apresentou saturação de bases acima de 50% (eutrófico), saturação por alumínio abaixo de 50% e alta fertilidade natural.

Tabela 33 - Atributos químicos do solo no parque Jaraguá em ambiente úmido (na profundidade 0 – 30 cm).

Amostra	TSBF 1		TSBF 2		TSBF 3		TSBF 4		TSBF 5		TSBF 6		TSBF 7		TSBF 8		TSBF 9	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
C.O. (g.kg ⁻¹)	27	24	28	28	31	20	7	19	56	33	27	24	12	17	23	35	21	66
pH_H2O	5,8	6,2	5,7	5,7	5,9	6,2	6,4	5,6	5,8	6,2	4,9	5,9	5	5,1	5,6	5,9	5,6	6,5
pH KCl	4,8	5,3	4,6	4,3	5,1	5	5	4,5	5	5,5	3,9	4,7	4	3,9	4,6	4,9	4,5	5,8
P (mg.kg ⁻¹)	43	11	8	5	56	20	5	9	20	7	8	2	3	4	2	5	3	7
K (mmolc.kg ⁻¹)	8	8	8	8	7	8	8	5	6	6	7	7	5	5	8	8	6	6
Ca (mmolc.kg ⁻¹)	142	139	178	172	197	163	90	37	148	165	26	165	16	26	110	233	146	363
Mg (mmolc.kg ⁻¹)	48	49	51	55	45	54	50	11	24	26	10	45	5	10	40	49	32	47
Al (mmolc.kg ⁻¹)	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	4	3	< 1	15	3	12	9	3	< 1	< 1	< 1
H+Al (mmolc.kg ⁻¹)	59	40	73	22	40	32	17	51	60	42	79	54	52	61	55	53	52	29
SB (mmolc.kg ⁻¹)	198	196	237	235	249	225	148	53	178	197	43	217	26	41	158	290	184	416
CTC (mmolc.kg ⁻¹)	257	236	310	257	289	257	165	104	138	239	122	271	78	102	213	343	236	445
V (%)	77	83	76	91	86	88	90	51	75	82	35	80	33	40	74	85	78	93
m (%)	1	1	1	0	0	0	0	7	2	0	26	1	32	18	2	0	1	0

O aumento da média de minhocas.m² e Ind.m² por monólito se comparada com os demais parques justifica-se pelo aumento da disponibilidade dos macronutrientes, pH

menos ácidos de forma geral e teores mais elevados de carbono orgânico (C.O). Ou seja, encontrou-se uma correlação positiva entre aumento do pH , aumento de disponibilidade de macronutrientes, especialmente Ca e elevados teores de carbono orgânico (C.O) com a maior de incidência de minhocas.m², Ind.m² e riqueza de espécies, respostas já apontadas por Geissen e Guzman (2006) e Bandeira e Harada (1998) que relatam a influência da acidez sobre a fauna do solo e Geissen e Guzman (2006) que apontam a influência do C.O sobre a incidência de fauna. E também correlação positiva para as espécies encontradas e granulometria argilosa do solo, hipótese que precisa de mais avaliações para confirmação.

5.4 VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS

Os dados para a avaliação estatística dos indivíduos da fauna coletada pela técnica TSBF encontram-se na tabela 34. Quanto à quantidade de exemplares coletados, observa-se no parque Cantareira a maior proporção de indivíduos coletados foi no ambiente úmido, em relação o ambiente seco na proporção 52% / 48%, já no parque Cientec e Jaraguá a maior proporção de indivíduos coletados foi no ambiente seco, em relação o ambiente úmido, na proporção 64% / 36% e 52% / 48% respectivamente. Sobre a riqueza, não se pode se estabelecer um uma tendência, pois no parque Cantareira a maior riqueza ocorreu no ambiente seco, no parque Cientec houve equivalência de valores nos dois ambientes, e no parque Jaraguá a maior riqueza ocorreu no ambiente úmido.

Para o índice de Simpson, pode-se afirmar que o parque Jaraguá apresentou a maior diversidade entre os parques, apresentando uma média de 48%, seguido pelo parque Cientec, com 65%, e o parque Cantareira, com 72%. A preponderância das minhocas frente os demais grupos é explicada através do índice de equabilidade, onde os resultados foram mais próximos de 0 do que de 1 para todos os ambientes e todos os parques, o que significa que a concentração de minhocas nas amostras é elevada. Para o índice de equabilidade, houve uma tendência observada nos três parques, a maior uniformidade de indivíduos foi verificada no ambiente úmido, em média este índice foi de 31% nesse ambiente, enquanto que 28% em média no ambiente seco.

Nos parques Cientec e Jaraguá observa-se que a ocorrência de minhocas foi superior em números absolutos e relativos no ambiente seco em relação ao ambiente úmido. No parque Cantareira, ocorreu a diminuição da ocorrência de minhocas em termos absolutos e relativos no ambiente seco em relação ao ambiente úmido.

Tabela 34: Variáveis estatísticas da pedofauna

Localidade	N° Ind.m² por TSBF	Riqueza (N° Grupos)	Diversidade (Índice de Simpson)	Equabilidade (%)
Parque Cantareira - Ambiente seco	83	6	66%	25%
Parque Cantareira - Ambiente úmido	91	5	78%	26%
Parque CienteC - Ambiente seco	89	5	73%	27%
Parque CienteC - Ambiente úmido	51	5	58%	35%
Parque Jaraguá - Ambiente seco	159	6	53%	32%
Parque Jaraguá - Ambiente úmido	148	7	44%	32%

No parque CienteC, contabilizou-se 140 exemplares coletados, distribuídos 64% no ambiente seco e 36% no ambiente úmido. Quanto à riqueza, houve estabilidade entre os ambientes seco e úmido, apresentando-se 5 diferentes grupos nos dois ambientes. O índice de Simpson apresentou menor valor no ambiente úmido, com 58%, enquanto que o ambiente seco apresentou uma diminuição da diversidade, tendo o índice aumentado para 73%. Avaliando-se a equabilidade, nota-se uma baixa uniformidade no ambiente seco, tendo apresentado índice de 27%. Já no ambiente úmido, observa-se uma melhora na distribuição dos indivíduos entre os grupos, com o índice subindo para 35%.

Foram coletados 174 espécimes no parque Cantareira, distribuídos 48% no ambiente seco e 52% no ambiente úmido. Quanto à riqueza, houve maior índice no ambiente seco em relação ao úmido, apresentando-se 6 e 5 diferentes grupos respectivamente. O índice de Simpson apresentou menor valor no ambiente seco, ficando em 66%, enquanto que o ambiente seco apresentou um valor um pouco superior, ficando em 78%. Avaliando-se a equabilidade, nota-se uma baixa uniformidade no ambiente seco, tendo apresentado índice de 25%, enquanto que o ambiente úmido apresenta uma pequena melhora na distribuição dos indivíduos entre os grupos, com o índice alcançando 26%.

No parque Jaraguá foram coletados 307 espécimes, divididos 52% no ambiente seco, e 48% no ambiente úmido. Quanto à riqueza, houve maior índice no ambiente úmido em relação ao seco, apresentando-se 7 e 6 diferentes grupos respectivamente. O índice de Simpson apresentou menor valor no ambiente úmido, ficando em 44%, enquanto que no ambiente seco observou-se redução da diversidade, tendo o índice aumentado para 53%.

Neste parque a equabilidade apresentou valores relativamente maiores e constantes entre os ambientes, totalizando 32%.

Foi realizado também o teste de Tukey para testar o contraste entre as médias (ind.m²) das coletas feitas nos parques Cientec, Cantareira e Jaraguá, nos ambientes – seco e úmido, o teste tem como base a Diferença Mínima Significativa (D.M.S.):

$$\Delta = q \frac{\sqrt{Q. M. Resíduo}}{\sqrt{J}}$$

Onde:

Δ - Diferença Mínima Significativa

q - amplitude total estudentizada (função do número de tratamentos e do número do grau de liberdade do resíduo, ao nível $\alpha=5\%$ de probabilidade)

$\sqrt{Q. M. Resíduo}$ - desvio padrão residual do ensaio

J - número de repetições das médias confrontadas no contraste

Resolução:

$$q(9, 49)_{0,05} = q(9, 40\text{-adotado})_{0,05} = 4,63$$

$$\sqrt{Q. M. Resíduo} = 96$$

$$J = 9$$

$$\Delta = 4,63 \frac{96}{3} = 149$$

Comparação das médias:

Tabela 35 – Diferença das médias (Ind.m²) entre os parques Cientec, Cantareira e Jaraguá.

	Cientec Seco	Cientec Úmido	Cantareira Seco	Cantareira Úmido	Jaraguá Seco	Jaraguá Úmido
Cientec Seco		38	6	2	70	59
Cientec Úmido	38		32	40	108	97
Cantareira Seco	6	32		8	76	65
Cantareira Úmido	2	40	8		68	57
Jaraguá Seco	70	108	76	68		11
Jaraguá Úmido	59	97	65	57	11	

Nota-se que entre todas comparações, nenhuma ultrapassa a D.M.S., logo as médias não diferem pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. O teste foi realizado para testar o contraste entre as médias de indivíduos coletados por parque nos ambientes divergentes. O resultado demonstra que as outras variáveis avaliadas (temperatura do solo/atributos químicos do solo/precipitação) que não a localidade e os ambientes, tem relevância maior nos índices de ocorrência e frequência Ind.m² e minhocas.m².

5.5 PEDOFAUNA COMO BIOINDICADORA

A incidência de quilópodes, diplópodes, aranhas e coleópteros foi muito baixa para todos os ambientes onde foram realizadas coletas de monólitos, portanto não foi possível classificá-los qualitativamente como indicadores. As minhocas, por obterem uma frequência elevada de Ind.m², desempenharem variadas funções ecológicas e por serem descritas ao nível de espécie, podem fornecer respostas mais precisas quanto a questão de sua adaptabilidade aos ambientes e quanto à questão da qualidade desse ambiente

Nos três sítios foram encontradas quatro espécies de oligoquetas, as quais foram agrupadas em duas famílias: Glossoscolecidae e Megascolecidae. Para a família Glossoscolecidae, foram encontradas a espécie *Pontoscolex corenthurus* (MULLER, 1857) e *Fimoscolex* sp. 1. Para a família Megascolecidae, foram encontradas as espécies *Amyntas gracilis* (KINBERG, 1857) e *Metaphire californica* (KINBERG, 1867). A riqueza de espécies se apresentou da seguinte forma: no parque Jaraguá ambiente seco foram coletas as espécies *Fimoscolex* sp 1 e *P. corenthurus* e úmido *P. corenthurus*, *M. californica* e indivíduos da família Megascolecidae ; no parque Cantareira ambiente seco *P. corenthurus* e indivíduos da família Megascolecidae e úmido *P. corenthurus*, *A. gracilis* e indivíduos da família Megascolecidae com riquezas semelhantes para os dois ambientes e Parque Cientec ambiente

seco *P. corenthurus* e úmido *P. corenthurus*, apresentando a menor riqueza para os dois ambientes. Sendo a espécie *P. corenthurus*, a mais abundante em todos os ambientes e em todos os parques estudados.

A espécie *Fimoscolex* sp 1 é **nativa** do Brasil (BROWN et al., 2006) , considerada **detectora** (SPELLERBERG, 1991) uma vez que ocorre naturalmente nas áreas estudadas, porém apresenta-se com densidade reduzida (Ind.m²) indicando alguma alteração em seu habitat. De acordo com sua diversidade ecológica funcional (BROWN & JAMES, 2007; STEFFEN, 2012) caracteriza-se como: **endogêica**, pois vive entre 0 e 40 cm de profundidade do solo, **geófaga** uma vez que se alimenta de solos e **engenhira do ecossistema** porque constrói galerias. Foi encontrada somente no ambiente seco do parque Jaraguá, ambiente menos ácido se comparado com todos os monólitos coletados nos outros parques e parcelas. Sua ocorrência se deu especificamente no monólito 9 que tem acidez baixa (5,6), maior disponibilidade de Ca, Mg e K, especialmente Ca e elevada disponibilidade de C.O (Item 5.3.2). Ou seja, essa espécie apresentou potencial de bioindicação ou correlação positiva para os macronutrientes citados, especialmente Ca, C.O elevado, pH moderadamente ácido e ambiente com menos umidade. Novos estudos necessitam ser elaborados para comprovar essa hipótese.

A espécie *Pontoscolex corenthurus* (MULLER, 1857) é a mais comum e abundante do Brasil, também conhecida popularmente como minhoca-mansa (BROWN & JAMES, 2007). Considerada **nativa peregrina**, visto que apresenta elevada capacidade de disseminação e **invasora**, por ser uma espécie que coloniza um habitat diferente do seu natural (BROWN et al., 2006), **eurihídrica** (SILVA & CASTRO) dado que se adapta às condições de saturação do solo ou escassez de umidade no solo, sendo resistente à desidratação e inundações frente outras espécies e **exploradora** (SPELLERBERG, 1991) pois sua presença indica algum distúrbio ambiental.

De acordo com sua diversidade ecológica funcional (BROWN & JAMES, 2007; STEFFEN, 2012) caracteriza-se como: **endogêica**, pois vive entre 0 e 40 cm de profundidade do solo, **geófaga** uma vez que se alimenta de solos e **engenhira do ecossistema** porque constrói galerias. Foi encontrada em maior densidade (Ind.m²) para todos os parques e todos os ambientes, com 92%, o que é explicado segundo Lavelle et al. (1987, 1999) e Steffen (2012) devido a adaptabilidade dessa espécie às diferentes classes de solo, propriedades físico-químicas e habitats. Pesquisas (BARROS et al., 2004 ; STEFFEN, 2012) demonstram que muitas vezes *P. corenthurus* torna-se espécie dominante caso o habitat seja

representado por ambientes desmatados ou que passaram por modificações antrópicas no passado, o que pode provocar a expulsão ou interferência na permanência de espécies nativas no local (LAVELLE, 2003).

Para explicar o processo temporalmente, Kalisz e Wood (1995) e Steffen (2012) sugerem quatro fases no estabelecimento de populações exóticas em solos habitados por emergentes: (1) desarranjo no habitat, (2) extinção ou redução de população nativa, (3) introdução da espécie exótica e colonização e (4) colonização dos nichos vagos, pelas novas espécies. Estudos também demonstram que a presença desta espécie é encontrada em ambientes perturbados (BROWN et al., 2006), que a espécie passou por adaptações no passado, quando a Mata Atlântica foi derrubada para a instalação de monoculturas (SILVA & CASTRO, 2009) e que em experimentos, a disponibilidade de alimento foi o único fator que influenciou ou limitou a sobrevivência desta espécie (BUCH & BROWN, 2010). A presente pesquisa corrobora, portanto, com os resultados de estudos anteriores porque confirma as conclusões destes para os três parques avaliados e seis ambientes onde ocorreram coletas.

Assim como ocorreu na bibliografia, o estudo aponta o potencial da espécie como bioindicadora ao apresentar correlações positivas para a sua presença em áreas que passam pelo processo de regeneração (ambientes perturbados), para regiões de Mata Atlântica com histórico de monocultura ou outros processos antrópicos (Item 4.1), para a adaptabilidade da espécie frente aos diferentes habitats e classes de solos (desde arenosos à argilosos), para a dominância e maior incidência da espécie em todos os ambientes e áreas de estudo e para a variação de sua densidade nos ambientes, devido aos recursos nutricionais presentes.

A espécie *Amyntas gracilis* (KINBERG, 1857), conhecida popularmente como puladeira, é uma espécie **exótica** (BROWN et al., 2006) o que significa que é nativa de outro país, considerada portanto, **exploradora** (SPELLERBERG, 1991) ou seja, a sua presença indica algum distúrbio ambiental. De acordo com sua diversidade ecológica funcional (BROWN & JAMES, 2007; STEFFEN, 2012) caracteriza-se como: **epigêica**, pois se localiza na superfície do solo e é dependente de matéria orgânica, **detritívora** uma vez que se alimenta restos orgânicos e serapilheira e **transformadora de serapilheira** porque fragmentam os resíduos vegetais/animais e produzem estruturas orgânicas. Apresenta alta adaptabilidade a elevações de temperatura do solo uma vez que vive na superfície desses ambientes, local de maior amplitude térmica (BANDEIRA & HARADA, 1998). É uma espécie que se adaptou à sistemas que sofreram algum tipo de alteração, tem comportamento dominante em relação à espécies nativas e é rotineiramente encontrada em áreas influenciadas

pela ação humana (STEFFEN, 2012). De acordo com Sautter et al. (2006) e Steffen (2012) *P. corenthurus* e *A. gracilis* estão associadas à presença do homem colonizando áreas perturbadas. Somente para o parque Cantareira, em ambiente úmido, a co-existência das duas espécies foi comum, com 92% de incidência para *P. corenthurus* e 2% de incidência para *A. gracilis*. Steffen (2012) demonstra que a espécie é encontrada em fragmentos de mata porque esse, possivelmente, recebeu direta ou indiretamente, alguma influência humana e também, devido ao grau elevado de disseminação das espécies exóticas, resultado também constatado no presente estudo de caso.

A pesquisa aponta o potencial da espécie como bioindicadora ao apresentar correlações positivas para a sua presença em áreas que passam pelo processo de regeneração (ambientes perturbados) e para regiões de Mata Atlântica com histórico de influência antrópica (vide item 4.1). Os indivíduos de *A. gracilis* foram encontrados somente no ambiente úmido do parque Cantareira, especificamente no monólito 4, que tem pH ácido (4,5), além disso, foram coletados em ambiente que demonstram elevada biodisponibilidade de C.O, Ca, Mg, P e K (Item 5.2.3) e solo saturado. Ou seja, essa espécie também apresentou potencial de bioindicação ou correlação positiva para os macronutrientes citados, teor de carbono orgânico (C.O) elevado, pH ácido, temperatura do solo e umidade. Novos estudos necessitam ser elaborados para comprovar essa hipótese.

A espécie *Metaphire californica* (KINBERG, 1867) é uma espécie **exótica** (BROWN et al., 2006) o que significa que é de outro país; sendo assim, é considerada também **exploradora** (SPELLERBERG, 1991) ou seja, a sua presença indica algum distúrbio ambiental. De acordo com sua diversidade ecológica funcional (BROWN & JAMES, 2007; STEFFEN, 2012) caracteriza-se como: **anécica**, pois vive abaixo dos 40 cm de solo e em galerias verticais; o fato de se adaptar às profundidades do solo demonstra que a espécie é sensível frente às elevadas temperaturas da superfície e variações de amplitude térmica, **geófaga e detritívora** onde através das galerias se alimenta de solo e serapilheira e **engenhira do ecossistema** porque constrói galerias para movimentação e produzem estruturas resistentes. Apresentam fácil adaptabilidade decorrente do alto grau de tolerância às perturbações ambientais e sua capacidade de dispersão é muito maior se comparada à de espécies endêmicas (nativas). Estudos apontam que a espécie desenvolve importante função na dinâmica de biopedoturbação porque incorpora matéria orgânica nos horizontes mais profundos e leva para os horizontes superficiais materiais minerais (CHAN, 2001). Além

disso, a *M. californica* estaria adaptada à determinada faixa de variação da temperatura do solo, o que interfere diretamente em sua função ecológica (BANDEIRA e HARADA, 1998).

O projeto demonstra o potencial da espécie como bioindicadora ao apresentar correlações positivas para a sua presença em áreas que passam pelo processo de regeneração (ambientes perturbados) e para regiões de Mata Atlântica com histórico de influência antrópica (Item 4.1). Os indivíduos de *M. californica* foram encontrados somente no ambiente úmido do parque Jaraguá, especificamente nos monólitos 2 e 4, que tem pH baixo (5,7 e 6,0), além disso, foram coletados em ambiente que demonstra elevada disponibilidade de C.O, Ca, Mg , especialmente Ca e Mg (Item 5.3.2) e solo saturado. O mesmo ocorre para a classe Diplopoda, representada nas coletas pela família Chelodesmidae, que obteve o aumento do total de Ind.m² de 17x frente ao parque Cientec e Cantareira, ou seja, apresenta correlação positiva para maior disponibilidades de C.O, macronutrientes e pH menos ácido. Ou seja, a espécie *M. californica* e a família Chelodesmidae da classe Diplopoda, apresentaram potencial de bioindicação ou correlação positiva para os macronutrientes citados, especialmente Ca, Mg e P, C.O elevado, pH moderado, umidade, amplitude térmica do solo e solos mais porosos, uma vez que ocorre nesses ambientes a dinâmica de biopedoturbação. Novos estudos necessitam ser elaborados para comprovar esta última hipótese.

6 CONCLUSÕES

Verifica-se que a pedofauna, especialmente indivíduos da ordem Oligochaeta, Coleoptera e classes Chilopoda e Diplopoda, em todos os parques urbanos estudados, é influenciada por parâmetros químicos e físicos do solo, sendo estes fatores limitantes para a sua ocorrência, frequência e estabelecimento. Constata-se que, dentre todas as variáveis analisadas, a presença de drenagem na parcela amostral, índices elevados de carbono orgânico, disponibilidade de macronutrientes e diminuição acidez foram os que mais interferiram no detrimento ou aumento dos grupos capturados, em decorrência da condição de umidade presentes.

A utilização de minhocas como bioindicadoras corroborou para o monitoramento de qualidade de solos localizados em fragmentos de Mata Atlântica urbanos, que apresentam em seu histórico atividades ligadas à monocultura, perturbação ou interferência antrópica. Um total de 4 espécies foram identificados: 1 nativa *Fimoscolex* sp1 no parque Jaraguá; 2 exóticas, sendo *M. californica* no parque Jaraguá e *A. gracilis* no Cantareira e 1 nativa peregrina e invasora *P. corenthurus* para todos os ambientes e todos os parques.

A umidade do solo influenciou na diminuição de frequência total de Ind.m², se comparados os ambientes úmido e seco. O ambiente seco favoreceu a ocorrência de algumas morfoespécies da ordem Coleoptera, como: *Cryptops* sp.1, *Nemessidae* sp.1, *Schendylops* sp.1 e *Staphylinidae* sp.17, porém, o ambiente úmido favoreceu a ocorrência das seguintes morfoespécies: *Cathidium* sp.1, *Chrysomelidae* sp.2, *Hybosoridae* sp.1, *Leucothyreus* sp 1 e *Sericini* sp.1. Para a classe Diplopoda, o ambiente úmido favoreceu especialmente a família Chelodesmidae. Vale destacar que no caso da ordem Oligochaeta, foi mais favorável para a família Megaloscidae e espécies *A. gracilis* e *M. californica*. No caso das minhocas, o ambiente seco favoreceu a espécie a incidência de *P. corenthurus* e *Fimoscolex* sp.1.

A temperatura do solo apresentou correlação positiva com a função ecológica (engenheiras do ecossistema e transformadoras do ecossistema) desenvolvida pelas minhocas, sua diversidade funcional (epigêicas, endogêicas e anécicas), distribuição vertical no solo (profundidade em que estão adaptadas) e hábito alimentar (geófaga ou detritívora). A diminuição da acidez apresentou correlação positiva para o aumento de Ind.m² e de minhocas.m² independente do ambiente (seco e úmido), além de favorecer a ocorrência da espécie *M. californica* e *Fimoscolex* sp.1. Enquanto que as espécies *P. corenthurus* e *A.*

gracilis estão adaptadas à ambientes muito ácidos. Elevadas taxas de carbono orgânico (C.O) e biodisponibilidade de macronutrientes (P, K, Ca e Mg) também apresentaram correlação positiva para p aumento de Ind.m², minhocas.m² e classe Diplopoda.

Os resultados obtidos encorajam a realização de inventários para solos urbanos utilizando a ordem Coleoptera e classe Diplopoda a fim de obterem-se novas conclusões acerca da relação desses organismos com atributos físicos e químicos do solo, seu potencial como bioindicador de qualidade, como também as funções ecológicas por eles desenvolvidas. Inventários de pedofauna em fragmentos florestais urbanos incrementam a avaliação de qualidade desses ambientes, observando-se que a utilização de espécies bioindicadoras de qualidade de solo, especialmente da ordem Oligochaeta, apresentou baixo custo e se mostrou muito eficiente e justamente por esses motivos, pode ser utilizada em programas de avaliação e monitoramento ambiental de solos urbanos, planos de manejo e relatórios de impacto ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. A terra paulista. Boletim Paulista de Geografia, São Paulo, n. 23, p. 5-38, 1956. [Republicado em AB'SÁBER, A. N. São Paulo: ensaios entreveros. São Paulo: Edusp/Imprensa Oficial, 2004.].
- AB'SÁBER, A. N. Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, São Paulo, n. 219, 1957. (Geografia, 12) [Publicação da Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1956.].
- AB'SÁBER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, São Paulo, n. 20, p. 1-26, 1970. [Parte deste artigo é a republicação do artigo Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. Orientação, São Paulo, n.3, p.45-48, 1967.
- ALMEIDA, L.M.; RIBEIRO-COSTA, C.S.R.; MARINONI, L. Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 88p. (Série Manuais práticos em biologia).
- ANDERSON, J.M. & WOOD, T.G. Mound composition and soil modification by two soil-feeding termites (Termitinae, Termitidae) in a riparian Nigerian forest. Pedobiologia, v.26, n.2, p.77-82, 1984.
- ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. Agriculture Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.25, p.5-14, 1988.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. Soil fauna. In: Tropical soil biological and fertility: A Handbook of methods. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993.
- ANDERSON, J.M. Why should we care about soil fauna? Pesq. Agropec. Bras, v.44, p.835-842, 2009.
- 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.
- AQUINO, A.M. Manual para macrofauna do solo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130).
- AQUINO, A.M.; MENEZES, H.L. A.; QUEIROZ, J.M. Recomendações para coleta de artrópodes terrestres por armadilhas de queda (“pitfall-traps”). Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 8p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 18).
- ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. Revista Brasileira de Técnicas Aplicadas nas Ciências Agrárias, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187 – 206, 2012.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.; eds. Biologia dos Solos do Cerrados. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997. p.363-431.

BACHELIER, G. La faune des sols son ecologie et son action. Paris: O.R.S.T.O.M, 1978. 391p. (Initations- Documentations Techniques, 38).

BAINI, F.; PITZALIS, M.; TAITI, S.; TAGLIANTI, A. V.; ZAPPAROLI, M.; BOLOGNA, M. Effects of reforestation with *Quercus* species on selected arthropod assemblages (Isopoda Oniscidea, Chilopoda, Coleoptera Carabidae). *Forest Ecology and Management*. v. 286, p.183–191, 2012.

BAL.L. Zoological Ripening of Soils. Pudoc. Wageningen, 1982.

BANDEIRA, A.G.; HARADA, A.Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. *Acta Amazônica*, v.28, p.191-204, 1998.

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, p. 15-28, 2002.

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.

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. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 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. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2007. 158 p. (Tese de Doutorado).

BARETTA, D.; BRESCOVIT, A.D.; KNYSACK, I & CARDOSO, E.J.B.N. Trap and soil monolith sampled edaphic spiders (arachnida; aranae) in *Araucaria angustifolis* forest. *Sci. Agric.*, v.64, p. 375-383, 2007_b.

BARETTA, D.; BROWN, G.C.; CARDOSO, E.J.B.N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *Acta Zool. Mex.*, v.2, p. 135-150, 2010.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; SEGAT, J.C.; GEREMIA, E.V.; FILHO, L.C.I.O.; ALVES, M.V. Tópicos em ciência do solo. In: Fauna edáfica e qualidade do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, v.7, p. 141-192, 2011.

BARROS, E.; MAHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A.R.L.; LAVELLE, P. Comunidade da macrofauna do solo na Amazônia brasileira. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras: UFLA, 2008. p.171-191.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 157-168, 2004.

- 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. *Peq. Agropec. Bras.*; v.44, p.928-933, 2009b.
- BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. *Applied Soil Ecology*; v. 69, p. 39-48, 2013.
- BARTZ, M. L. C. Ocorrência e taxonomia de minhocas em agroecossistemas no Paraná, Brasil. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 2011. 175 p. (Tese de doutorado).
- 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.
- BOUCHÉ, M. B. Strategies lombriciennes. In: LOHM, U.; PERSSON, T. (Eds.). *Soil organisms as components of ecosystems*. Ecological Bulletins, Stockholm, v. 25, p. 122-123, 1977.
- BOUILLON, A. Termites of the Ethiopian region. In *Biology of termites* (K. Krishna & F.M. Weesner, eds.). Academic Press, New York, v.2, p.153-280, 1970.
- BRASIL. Código Florestal .Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, 2012.
- BRESCOVIT, A. D.; RHEIMS, C. A; BONALDO, A. B. Chave de identificação para famílias de aranhas brasileiras. Instituto Butantan, 2007.
- BRIONES, M.J.I.; OSTLE, N.J.; PIEARCE, T.G. Stable isotopes reveal that the calciferous gland of earthworms is a CO₂-fixing organ. *Soil Biology & Biochemistry*, v.40, p.554–557, 2008.
- BROWN, G. G. et al. 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.
- 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 & DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas. In: *Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas (ELAETAO3)*, 3., Curitiba, 2010 ; *Acta Zool Mex.*, v.2, p.1-18, 2010.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia*. Londrina: Embrapa Soja, p. 297- 381, 2007.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. *Caribbean Journal of Science*, v. 42, n. 2, p.339-358, 2006b.

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. Pesq. Agropec. Bras. v.44, p. 1-9, 2009.

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, 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. Ecología del suelo em la selva tropical húmeda de México. UNAM, p. 226-236. 2003.

CAMARGO, A. O. de, SANTOS, G. A. de & GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e Substâncias Húmicas. In: Santos, G. A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Ed. Genesis. 1999, 49p.

CASARI, S,A & IDE, S. Coleopteras. In: ALBERTINO et al (Eds.). Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto. Holos Editora, 2012, p.454-535.

CHAN, K. Y. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 57, p. 179-191, 2001.

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).

COSTA NETO, E.M. The perception of diplopoda (Arthropoda, Kyriapoda) by the inhabitants of the coutry of Pedra Bramca, Santa Teresinha, Bahia, Brazil. Acta Biol. Colom., v.12, p.123-134, 2007.

DARWIN, C. R. The structure and distribution of coral reefs. Being the first part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of Capt. Fitzroy, R.N. during the years 1832 to 1836. London: Smith Elder and Co, 1842.

DARWIN, C.R. The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with Observations on Their Habits. 6th thousand (corrected) London: John Murray, 1881, 328p.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B., Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSAJ, Madison, v.35 p.3-22, 1994.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.). Methods for assessing soil quality. Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1996. p.25-37. (Special Publication, 49).

DUNXIÃO, H; CHUNRU, H; YALING, X; BANWANG, H; LIYUAN, H; PAOLETTI, M.G. Relationship between Soil Arthropds and Soil Properties in a suburb of Qianjiang City, Hubei, China. Critical Reviews in Plant Sciences, London, v.18, p. 467-473, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Manual de análises química de solos, de plantas e fertilizantes. Editor Técnico, Fabio César da Silva. Brasília/DF. Embrapa Informação Tecnológica 1999.627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª.ed.Brasília,DF: 2013. 353 p.

ESPÍRITO-SANTO FILHO, K. Efeito de distúrbios ambientais sobre fauna de cupins (insecta:Isoptera) e seu papel como bioindicador. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2005. 104p. (Dissertação de mestrado).

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.

FERNANDES, J. A.; REIS, L. A. M.; CARVALHO, A. Caracterização do meio físico. 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. 49-62.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. V. (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p.1-27.

FORMAN, R. T. T. An ecology of the landscape. BioScience v. 33:535. 1983.

FRAGOSO, C. & LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. Soil Biol. Biochem, v. 24, nº 12, p. 1397-1408, 1992.

FREITAS, M.P. Flutuação populacional de oligochaeta edáfica em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2007.61p. (Dissertação de mestrado).

FROUZ, J.; LIVEČKOVÁ, M.; ALBRECHTOVÁ, J.; CHROŇÁKOVÁ, A.; CAJTHAML, T.; PIŽL, V.; HÁNĚL, L.; STARÝ, J.; BALDRIAN, P.; LHOTÁKOVÁ, Z.; ŠIMÁČKOVÁ, H.; CEPÁKOVÁ, Š.. Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites. Forest Ecology and Management, v.15, p.123-132, 2013.

FORTI, M.C. 2000. Ciclos biogeoquímicos e transferência de espécies químicas nas interfaces de ecossistemas terrestres de Mata Atlântica: estudo de duas áreas contrastantes. Projeto FAPESP 99/05204-4, Relatório Parcial (Manuscrito).

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.

GONZALES, G.; LEY, R.E.; SCHMIDT, S.K.; ZOU, X.; SEASTEDT, T.R. Soil ecological interactions: comparisons between tropical subalpine forests. Oecologia, Berlin, v.128, p.449-556, 2001.

GRASSÉ, P.P. 1949. Ordre des Isoptères ou termites. In Traité de zoologie (P.P. Grassé, ed.). Masson, Paris, v.9, p.408-544.

GRASSÉ, P.P. 1986. Termitologia. Masson, Paris, Tomo 3.

GRASSÉ, P.P. & NOIROT, C. L'évolution de la symbiose chez les Isophtères. *Experientia* v.15, n.10, p.365-372, 1959.

HEISLER, C & KAISER, E.A. Influence of agricultural traffic and crop management on Collembola and microbial biomass in arable soil. *Biol. Fert. Soils*, v. 19, p.159-165, 1995.

HEYDERMANN, H. Restoration capacities of soil communities. In: *Int. Coll. Soil. Zool.*, 8th, Louvain La Neuve (Belgium), *Procc. Ottignies – Louvain La Neuve*, Dieu- Brichart, p.457 – 462, 1983.

HERNÁNDEZ-CASTELLANOS, B. Modificaciones químicas de cuatro suelos de diferentes localidades de Veracruz, por dos especies de lombrices (*Pontoscolex corethurus* y *Glossoscolecidae* sp.) Xalapa de Enriquez, Veracruz, México, Universidade Veracruzana, 2000, 67p. (Tese de doutorado).

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 Biol. Biochem.*, v.53, p.43-49, 2012.

HOPKIN, S. P.; READ, H. J. *The Biology of Millipedes*. New York: Oxford University Press, 1992. 233p.

HORGAN, F.G. Burial of bovine dung by coprophagous Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from house and cow grazing sites in El Salvador. *Eur.J.Soil.Biol.*, v.47, p.103-111, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2ªed revisada e ampliada. 2012. 271p

JIMÉNEZ, J. J.; LAVELLE, P.; DECAËNS, T. The efficiency of soil hand-sorting in assessing the abundance and biomass of earthworm communities. Its usefulness in population dynamics and cohort analysis studies. *European Journal of Soil Biology*, Rouen, v. 42, s. 1, p. 225-230, 2006.

JOUQUET, P.; DAUBER, J.; LAGERLOF, J.; LAVELLE, P & LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: Intended and accidental effects on soil and feedback loops. *Appl. Soil. Ecol.*, v. 32, p.153-164, 2006.

KALISZ, P. J.; WOOD, H. B. Native and exotic earthworms in wild land ecosystems. In: HENDRIX, P. F. (Ed.) *Earthworm Ecology and Bio-geography in North America*. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 117- 126.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C. et al. *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2012. p. 1-20.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C. et al. *Pedologia: Fundamentos*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2012. p.207-302.

KINBERG, J.G.H. Nya släkten och arter af Annelider. Öfversigt af Königlich Vetenskapsakademiens förhandlingar, Stockholm, v.14, n.1, p.11-14, 1857.

KINBERG, J.G.H. *Annulata nova*. Öfverstig af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar, v.23, p.97–103, 1867.

KIREJTSHUK, A.G. A current generic classification of sap beetles (Coleoptera, Nitidulidae). *Zoosystematica Rossica*, v.17, n.1, p. 107-122, 2008.

LAPIED, E.; LAVELLE, P. The peregrine earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the East coast of Costa Rica. **Pedobiologia**, Berlin, v. 47, n. 5-6, p. 471-474, 2003.

LARSON, W.E; PIERCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of Sustainable Managment. In: PANKHURST, C. et al .Biological Indicators of soil health. Cab International , Oxum, UK., 1994. p. 1-23.

LAVELLE, P.; BAROIS, I.; CRUZ, I.; FRAGOSO, C.; HERNANDEZ, A.; PINEDA, A.; RANGEL, P. Adaptative strategies of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics., Berlin, v. 5, n. 3, p. 188-194, 1987.

LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. Earthworms management in tropical agroecosystems. CABI International, Wallingford, UK, 1999, 320p.

LAVELLE, P. & PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimanguas, Loreto) *Pedobiologia*, v. 33, p. 283-29, 1989.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; SPAIN, A.V.; MARTIN, S. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Nem York: SSSA, 1992(SSSA Special Publ., 29).

LAVELLE, P., CHAUVEL, A., FRAGOSO, C. Faunal activity in acid soils. In: Dare, R.A. et al (eds) *Plant Soil Interactions at Low pH*. Kluwer Academic Publishers: Netherlands. p. 201-211, 1995.

LAVELLE, P. & SPAIN, A. *Soil Ecology*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2001. 654p.

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.

LEONEL, C (Coord.) *Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira*. São Paulo: Fundação Florestal do Estado de São Paulo, 2009.

LEONEL, C (Coord.) *Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá*. São Paulo: Fundação Florestal do Estado de São Paulo, 2010.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

LEPSCH. I. F. *19 lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de textos, 2011.456p.

LUFF, M.L.; HUTSON, B.R. Soil fauna population. In: Hackett, B. (Ed.) *Land reclamation practice*. Guildford; IPC Business Press Ltd.; 1977.

MANAHAN, S.E. *Environmental Science and Technology*. Front Cover. CRC Press/Lewis Publishers, 1997.672 p.

- MARINI, G.B.S. Espacialização do impacto ambiental por compactação em solos de pastagens e sua recuperação em área de revegetação natural por capoeiras. Rondônia, Universidade Federal de Rondônia, 2010. 131p. (Dissertação de mestrado)
- MARTINELLI, M. Cartografia temática: caderno de mapas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.160p.
- MELO JÚNIOR, H.B.M. Estruturas Biogênicas em latossolos de chapadões. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia. 2012.31p.(Dissertação de mestrado).
- MERLIM, A.O.; GUERRA, J.G.M.; JUNQUEIRA, R.M.; AQUINO, A.M. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. *Scientia Agrícola*, v.62, p.57–61, 2005.
- MOÇO, M.K.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C & CORREIA, M.E.F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.29, p.555-564, 2005.
- MONTEIRO, C. A. de F. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1973, 129p.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros. Editora da Universidade Federal de Lavras, MG, 2008. 768 p.
- MOREIRA, F.M.S.; HUISING, E.J. & BIGNELL, D.E. Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Editora da Universidade Federal de Lavras, MG, 2010. 368p.
- MÜLLER, F. *Lumbricus corethrurus*, *Burstenschwanz*. *Archiv fur Naturg.*,v.23, p.113- 116, 1857.
- MURRAY, A. Monograph of the Family of Nitidulidae. The Transactions of the Linnean Society of London, London,v.24, n.3,p. 211-414, 1864.
- NICHOLS, E.; LARSEN, T.; SPECTOR, S.; DAVIS, A.L.; ESCOBAR, F.; FAVILA, M. & VULINEC, K. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation : A quantitative literature review and meta-analyses. *Biological Conservation.*, v. 137, p. 1-19, 2007.
- NICHOLS, E.; SPECTOR, S.; LOUZADA, J.; LARSEN, T.; AMEZQUITA, S.; FAVILA, M.E. Ecological functions and ecosystem services provided by Escarabeinae dung beetles. *Biological Conservation*, Essex, v.141, n.6, p. 1461-1474, 2008.
- 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.
- ORTIZ – CEBALLOS, A.; FRAGOSO, C & BROWN, G.G. Synergetic effect of a tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei* and velvetbean *Mucuna Pruriens* var. utilis on maize growth and crop production. *Appl. Soil Ecol.*, v.35, p.356-362, 2007.
- PAPAVERO, N. Fundamentos Práticos de Taxonomia Zoológica. Coleções, Bibliografia, Nomenclatura. 2ª ed., Editora da Universidade de São Paulo, SP, 1994. 285p.

PIVELLO, V.R.; PECCININI, A.A. A vegetação do PEFI. 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.75-92.

PEREIRA, J.M. Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2012. 137p. (Tese de doutorado).

PONCANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, v.1, 94p (Publicação IPT n° 1183, Monografias 5).

PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. A nova aliança: metamorfose da ciência. 3 ed. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1997. 247p.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, M.R; OLIVEIRA, L.B; ARAÚJO-FILHO, J.C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J.C. et al. Pedologia: Fundamentos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2012. p. 47-80.

RICKLEFS, R.E. A Economia da Natureza. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 503 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: EDUFC, 2002. 222 p

ROSA, M.G. Macrofauna do solo em diferentes sistemas de uso no oeste e planalto catarinense. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2013. 129 p. (Dissertação de mestrado).

SANTOS, P.M; FUNARI, F.L. Clima Local. 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, p. 29-48, 2002.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5ªEd. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p

SAUTTER, K. D. et al. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. European Journal of Soil Biology, Rouen, v. 42, p.296-300, 2006.

SILVA, P.G. Espécies de escarabaeinae (coleóptera : escarabaidae) de fragmentos florestais com diferentes níveis de alteração em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2011. 167p. (Dissertação de Mestrado).

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. 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.

SOUTO, J.S. Coleta e identificação da biota do solo teoria e prática. Mini Curso oferecido na Universidade Federal do Vale do Acaraú. Ceará, Sobral, 2012.

SPELLERBERG, I.F. Monitorig ecological change. Cambridge: Cambridge University Press. 1991. 334p.

SPOSITO, G; ZABEL, A. The assessment of soil quality. Geoderma, Amsterdam, v.114, nº3/4, p.143-144, 2003.

STEFFEN, G.P.K. Diversidade de minhocas e sua relação com ecossistemas naturais e alterados no Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2012, 208p. (Tese de Doutorado).

STRUFFALDI-DE-VUONNO, Y. Fitossociologia do estrato arbóreo da floresta da Reserva Biológica do Instituto de Botânica, São Paulo, Universidade de São Paulo, 1985. 213p. (Tese de Doutorado)

SWIFT, M.J.; HEAL, O, W.; ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blecwell Scientific Publications , London U.K, 1979. 372p.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos Solos dos Cerrados. Brasília – DF: EMBRAPA, 1997.524p.

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.

VOS, J.B.; FEENSTRA, J.F.; DE BOER, J.; BRAAT, L.C.; VAN BAALEN, J. Indicators for the state of the environment. Amsterdam: Institute for environmental studies. 1985. 425p.

VEZZANI, F.M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.184p. (Tese de Doutorado)

VEZZANI, F.M & MIELNICZUK, J. Revisão de literatura: uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, p. 743-755, 2009.

ZILLI, J.E.; RUMJANEK, N.G.; XAVIER,G.R.; COUTINHO, H.L.C.; NEVES, M.C.P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.

ZHONGKUI, L.; WANG, E.; SUN, O.J. Soil carbon change and its responses to agricultural practices in Australian agro-ecosystems: a review and synthesis. Geoderma, v.155,p.211-223, 2010.

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.

WHITE, Gilbert. The Natural History and Antiquities of Selborne: 1813 Edition. Facsimile with an Introduction by P.G.M. Foster. London: The Ray Society, 1993. Print

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biology and Fertility of Soils*, v.31, p.1-19, 2000.