

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HERLON SÉRGIO NADOLNY

ESTADO DA ARTE DAS MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DA
QUALIDADE DOS SOLOS BRASILEIROS

CURITIBA

2017

HERLON SÉRGIO NADOLNY

ESTADO DA ARTE DAS MINHOCAS COMO BIOINDICADORAS DA
QUALIDADE DOS SOLOS BRASILEIROS

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

Orientador: Dr. George Gardner Brown

Coorientadora: Dra. Fabiane M. Vezzani

Coorientadora: Marie L. C. Bartz

Coorientador: Dr. Dilmar Baretta

Coorientador: Dr. Patrick Lavelle

CURITIBA

2017

Nadolny, Herlon Sérgio
N138e Estado da arte das minhocas como bioindicadoras da qualidade dos solos brasileiros / Herlon Sérgio Nadolny. - Curitiba, 2017.
148 f.: il., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.
Orientador: George Gardner Brown
Coorientadora: Fabiane M. Vezzani
Coorientadora: Marie L. C. Bartz
Coorientador: Dilmar Baretta
Coorientador: Patrick Lavelle

1. Minhocas (Biologia do solo). 2. Solos - Qualidade. 3. Minhocas - Bioindicadores. I. Brown, George Gardner. II. Vezzani, Fabiane M. III. Bartz, Marie L. C. IV. Baretta, Dilmar. V. Lavelle, Patrick. VI. Título. VII. Universidade Federal do Paraná.

CDU 631.468.514.239



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
Mestrado e Doutorado



PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Tese de Doutorado de **Herlon Sérgio Nadolny** intitulada: “Estado da arte das minhocas como bioindicadores da qualidade dos solos brasileiros”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela “**APROVAÇÃO**” da referida Tese. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Doutor em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 22 de setembro de 2017.

Prof. Dr. George Gardner Brown, Presidente

Prof. Dr. Amarildo Pasini, Iº. Examinador

Prof. Dra. Fabiane Machado Vezzani, IIº. Examinador

Prof. Dr. Dilmar Baretta, IIIº. Examinador

Dra. Marie Luise Carolina Bartz, IVº. Examinador

Aos meus pais Nilo Sérgio Nadolny e Zulma Samways Nadolny.
À melhor pessoa desses últimos 6 anos Erica Seiben que me apoiou durante todo o processo, nos momentos bons e ruins.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida;

Aos meus pais, pelo apoio e compreensão;

À pessoa mais importante e motivo dessa minha escolha, Erica Seiben – Te amo;

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar a pós-graduação no nível de doutorado;

Ao professor Dr. George G. Brown e comissão de orientação, pela orientação, confiança e colaboração;

Aos professores do programa de pós-graduação em ciência do solo da UFPR que de alguma forma colaboraram e auxiliaram neste processo e dividiram conhecimentos teóricos e científicos;

Agradeço imensamente a secretária do programa Denise Conti pela ajuda com todos os documentos e demais obrigações pelo bom andamento das tarefas e pelas palavras de apoio e incentivo;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

À instituição envolvida: Embrapa Florestas pelo apoio e auxílio na realização das atividades do doutorado e a todos os pesquisadores da unidade Embrapa Florestas que me ajudaram, Marilice, Luziane, Edilson, Osmir, aos técnicos Anne, Nádia e Claudia, muito obrigado.

A natureza não faz nada em vão
ARISTÓTELES (384 a.C. – 322 a.C.)

RESUMO

As minhocas são engenheiras do ecossistema que participam ativamente na entrega de vários serviços ecossistêmicos que contribuem para o bom funcionamento do solo, tal como o controle biológico, decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e a formação e agregação do solo que melhoram o crescimento das plantas. A população desses organismos, geralmente, está relacionada a solos com boa fertilidade e qualidade e, em alguns países, elas já são usadas como indicadoras de qualidade ambiental. Contudo, no Brasil, esse uso ainda é incipiente. Portanto, no presente trabalho, reuniram-se todos os dados disponíveis da abundância e biomassa desses animais em todos os biomas do Brasil, junto com dados do tipo de solo, seus atributos químicos e granulometria, em diferentes tipos de climas, e sistemas de uso e manejo do solo. O objetivo deste trabalho foi relacionar os atributos ambientais e do solo de mais de 1400 locais de amostragem com as populações desses animais em ecossistemas do país com a qualidade ambiental e do solo. Observou-se grande variação na disponibilidade de dados dos atributos avaliados, dificultando comparações dos dados de forma mais geral, e, portanto, elaborou-se uma proposta de atributos que devem ser medidos em campo e laboratório em estudos de minhocas e qualidade do solo. O tipo de clima, de solo e sistema de uso foram importantes determinantes da abundância de minhocas. Além disso, encontrou-se uma relação significativa entre a abundância de minhocas e atributos ambientais como temperatura, precipitação e altitude, e com atributos edáficos importantes para a fertilidade do solo (por ex. pH, H+Al, P, Ca, CTC, V%, C). Portanto, concluiu-se que as minhocas podem ser usadas como bioindicadores ambientais e da qualidade dos solos brasileiros, mas para um melhor aproveitamento desse potencial, devem ser levantados dados mais completos de atributos edáficos e ambientais nos estudos visando esse propósito.

Palavras-chave: Minhocas 1. Solos 2. Bioindicadores 3. Qualidade do solo 4. Atributos edáficos 5.

ABSTRACT

Earthworms are ecosystem engineers that actively participate in the generation of ecosystem services that contribute to proper soil functioning, such as biological control, organic matter decomposition, nutrient cycling and aggregate formation, that improve plant growth. The abundance of these animals in soils is generally related to soil fertility and quality, and in many countries, they are used as environmental bioindicators. However, in Brazil, this use is still incipient. Therefore, in the present study we combined all the data available on the abundance and biomass of these animals in Brazilian biomes, together with data on soil type, chemical attributes and texture, in different climates and land use systems. The objective of the present study was to relate the environmental and soil attributes of more than 1400 sample sites with earthworm populations with soil and environmental quality. We found a large variation in the availability of the attributes studied, complicating generalized comparisons of the data, and so we elaborated a proposal of minimum attributes that should be measured in the field and laboratory in studies on earthworms and soil quality. Climate and soil type as well as land use system were important determinants of earthworm abundance. Furthermore, we found a significant relationship between earthworm abundance and environmental attributes such as temperature, precipitation and altitude, as well as with soil attributes important for soil fertility (e.g. pH, H+Al, P, Ca, CEC, base saturation, C). Therefore, we conclude that earthworms can be used as bioindicators of soil and environmental quality in Brazil, but that for a better use of this potential, more complete data compiling on the sampling sites is necessary in studies exploring for this purpose.

Keywords: Earthworms 1. Soils 2. Bioindicators 3. Soil quality 4. Edafic atributs 5.

LISTA DE FIGURAS

CHAPTER I

FIGURE 1. HIERARCHICAL MODEL OF THE FACTORS WHICH DETERMINE EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS.....7

CHAPTER II

FIGURE 1. DISTRIBUTION OF SAMPLING SITES FOR EARTHWORM ABUNDANCE IN EIGHT KÖPPEN CLIMATES (A) AND THE FIVE BRAZILIAN BIOMES (B). NUMBERS IN PARENTHESES INDICATE THE TOTAL NUMBER OF SAMPLES IN EACH CATEGORY. KÖPPEN CLIMATE CLASSES AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTION TAKEN FROM (ALVARES ET AL., 2013).....68

FIGURE 2. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING EARTHWORM POPULATIONS. AT THE TOP, CLIMATE AND BIOME TYPES HIERARCHICALLY DETERMINE OVERALL LAND COVER AND SOIL TYPES, WHICH IN TURN SIGNIFICANTLY AFFECT THE SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL, AND EARTHWORM ABUNDANCE. P VALUES ARE THE RESULTS OF HIERARCHICAL TESTS (FOR CATEGORICAL VARIABLES), PCA FOR AGROECOSYSTEMS AND NATIVE/FOREST SYSTEMS, SOIL ATTRIBUTES AND MULTIPLE REGRESSION FOR SOIL ATTRIBUTES AND EARTHWORM POPULATIONS.....75

FIGURE 3. RESULTS OF THE ANOVA TEST SHOWING DIFFERENCES BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE IN EACH MAIN LAND USE SYSTEM WITHIN EACH CLIMATE AND BRAZILIAN BIOME. DIFFERENT LETTERS WITHIN EACH SOIL BIOME AND CLIMATE TYPE INDICATE SIGNIFICANT DIFFERENCES IN ABUNDANCE BETWEEN LAND USE SYSTEMS. NUMBERS IN PARENTHESIS ARE THE TOTAL "N" OF EACH LAND USE TYPE. IPS = INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM.....76

FIGURE 4. RESULTS OF THE ANOVA TEST SHOWING DIFFERENCES BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE IN EACH SOIL TYPE WITHIN EACH BRAZILIAN BIOME AND CLIMATE. DIFFERENT LETTERS WITHIN EACH SOIL BIOME AND CLIMATE TYPE INDICATE SIGNIFICANT DIFFERENCES IN ABUNDANCE BETWEEN SOIL TYPES. NUMBERS IN PARENTHESIS ARE THE TOTAL "N" OF EACH LAND USE TYPE. IPS = INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM.....77

FIGURE 5. EARTHWORM ABUNDANCE (DENSITY OR BIOMASS) IN DIFFERENT SOIL FERTILITY CLASSES (LOW, MEDIUM, HIGH), FOR SELECTED PARAMETERS WHERE SIGNIFICANT DIFFERENCES ($P < 0.05$) WERE DETECTED. FOR DETAILS ON THE MEANINGS OF EACH FERTILITY CLASS, PLEASE REFER TO TABLE 2.....81

FIGURE 6. PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS USING FIVE CATEGORIES OF EARTHWORM ABUNDANCE FROM SITES WITH A COMPLETE SET OF SOIL VARIABLE (N=411 SITES). 0=0 INDIV. M^{-2} ; 1=1-10 INDIV. M^{-2} ; 2=10-30 INDIV. M^{-2} ; 3=30-80 INDIV. M^{-2} ; 4=80-200 INDIV. M^{-2} ; 5= MORE THAN 200 INDIV. M^{-2} . OBSERVATION: 0.04 SIMULATED P-VALUE: 0.001.....83

FIGURE 7. THE EFFECT OF SAMPLING EFFORT ON EARTHWORM ABUNDANCE (DENSITY AND BIOMASS), ACCORDING TO FOUR EFFORT CATEGORIES. LOW 1-4 TSBF'S ($< 0.31 M^2$); MEDIUM 5-9 TSBF'S ($0.31-0.62 M^2$); MEDIUM-HIGH (GOOD) 10-15 TSBF'S ($0.62-0.99 M^2$); HIGH > 16 TSBF'S ($> 1 M^2$)84

LISTA DE TABELAS

CHAPTER I

TABLE 1. PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS.....13

TABLE 2. ENVIRONMENTAL VARIABLES COLLECTED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THE INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE (N DB). TOTAL NUMBER OF PUBLICATIONS N=128.....20

TABLE 3. VARIABLES ASSOCIATED WITH THE EARTHWORM SAMPLING OBTAINED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THIS INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE (N DB).....21

TABLE 4. SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OBTAINED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THIS INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE.....22

CHAPTER II

TABLE 1. VARIABLES AND DESCRIPTION OF EACH ATTRIBUTE USED IN THE DATABASE.....66

TABLE 2. SOIL FERTILITY LEVELS USED TO TEST THE RELATIONSHIP WITH EARTHWORM ABUNDANCE (DENSITY AND BIOMASS), WITH THE INTERVAL VALUES FOR EACH ATTRIBUTE EVALUATED, AS ADAPTED FROM RIBEIRO ET AL. (1999) AND LANDON (1991)70

TABLE 3. RELATIONSHIP BETWEEN EARTHWORM DENSITY AND BIOMASS AND SELECTED SOIL AND ENVIRONMENTAL VARIABLES AND SAMPLING EFFORT, EXPLORED USING LINEAR REGRESSION. N=NUMBER OF OBSERVATIONS; R = PEARSON CORRELATION COEFFICIENT; VALUES OF P SHOWN IN RED ARE STATISTICALLY SIGNIFICANT; NS=NOT SIGNIFICANT.....74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 CHAPTER I: ASSESSING EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS: THE NEED FOR STANDARDIZATION.....	4
2.1 ABSTRACT	4
2.2 RESUMO.....	5
2.3 INTRODUCTION	6
2.4 MATERIAL AND METHODS.....	8
2.4.1 ENVIRONMENTAL ATTRIBUTES	17
2.4.2 EARTHWORM DATA	18
2.4.3 SOILS CHEMICAL AND PHISICAL ATTRIBUTS	19
2.4.4 DATA TRATAMENT.....	21
2.5 RESULTS AND DISCUSION.....	21
2.5.1 GEOGRAPHIC REPRESENTATION OF THE STUDIES.....	21
2.5.2 ENVIRONMENTAL ATTRIBUTS	23
2.5.3 ANTHROPIC DISTURBANCE AND MANAGEMENT PRACTICES	25
2.5.4 SAMPLING AND EARTHWORM-RELATED ATTRIBUTS	26
2.5.5 SOIL PHISICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTS.....	28
2.6 FINAL REMARKS AND RECOMMENDATIONS FOR STANDARDIZATION.....	32
2.7 REFERENCES.....	34
3 CHAPTER II: A ABUNDÂNCIA DE MINHOCAS É UM INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL E DO SOLO NO BRASIL?	58
3.1 ABSTRACT	58
3.2 RESUMO.....	59
3.3 INTRODUCTION	60
3.4 MATERIAL AND METHODS.....	62
3.4.1 DATA COMPILATION.....	62
3.4.2 ENVIRONMENTAL PARAMETERS.....	63
3.4.3 EARTHWORM DATA	66
3.4.4 THE CHEMICAL ATTRIBUTES	66
3.4.5 EARTHWORM ABUNDANCE AND SOIL FERTILITY RELATIONSHIPS	67
3.4.6 DATA DEPURATION.....	67
3.4.7 DATA AVAILABILITY	68

3.4.8 STATISTICAL ANALYSIS.....	68
3.5 RESULTS.....	69
3.5.1 THE DATA SET	69
3.5.2 INFLUENCE OF SAMPLING SEASON.....	70
3.5.3 INFLUENCE OF CLIMATE AND BIOMES	71
3.5.3.1 THE AF CLIMATE.....	75
3.5.3.2 THE AM CLIMATE.....	75
3.5.3.3 THE AW CLIMATE.....	75
3.5.3.4 THE AS CLIMATE.....	76
3.5.3.5 THE CWA CLIMATE.....	76
3.5.3.6 THE CWB CLIMATE.....	76
3.5.3.7 THE CFA CLIMATE.....	77
3.5.3.8 THE CFB CLIMATE.....	77
3.5.3.9 THE BSH CLIMATE.....	77
3.6 RELATIONSHIP BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE AND SOIL FERTILITY	78
3.7 EARTHWORM ABUNDANCE AND SAMPLING EFFORT	80
3.8 DISCUSSION	81
3.9 CONCLUSIONS.....	83
3.9.1 REFERENCES	84
4 CONCLUSÕES GERAIS	88
5 REFERÊNCIAS GERAIS.....	90
6 ANEXOS - ARTIGO B.....	116
7 SUPPLEMENTARY NOTES	123
7.1 REFERENCES FOR SUPPLEMENTARY TABLE S3	123

1 INTRODUÇÃO GERAL

As minhocas foram provavelmente um dos primeiros animais a invadir o ambiente terrestre (Lee, 1987). Muitas observações sobre os benefícios destes animais foram descritos ainda em 340 a.C. por Aristóteles, que as definiu como os “intestinos da terra” (Edwards, 1994). Em 1644 Vincenzo Tanara observou que durante o preparo de áreas agrícolas, muitos pássaros se alimentavam de pequenos invertebrados, principalmente minhocas, o que o fez relacionar o comportamento alimentar das aves a fertilidade do solo (Paoletti, 1999a, 1999b). Darwin em 1881 destacou a importância destes animais na ciclagem da matéria orgânica e na gênese dos solos (Satchell, 1983; Lavelle et al., 2006; Babu Ojha e Devkota, 2014).

O ambiente edáfico é habitado por inúmeras espécies de organismos que contribuem de formas específicas para o funcionamento do solo, entretanto, as minhocas têm demonstrado capacidade de atuar em muitos processos, trazendo diversos benefícios ao solo. Elas melhoram a qualidade física e química, devido à abertura de galerias, translocação de material orgânico em profundidade e alterações na velocidade de ciclagem dos nutrientes, (Van Groenigen et al., 2014; Bottinelli et al., 2015) além de aumentarem as interações bióticas no solo (Lavelle et al., 1997; Aira e Domínguez, 2011). Por esses motivos fazem parte do grupo dos engenheiros do ecossistema (Jones et al., 1994; Lavelle et al., 2006a).

Devido, a importância e sensibilidade destes invertebrados as alterações ambientais, as minhocas têm sido utilizadas como bioindicadores em programas europeus que avaliam e monitoram a qualidade do solo (Shepherd et al., 2008; Frund et al., 2011; Rutgers et al., 2016). No Brasil, os trabalhos relacionados a minhocas vêm crescendo, evidenciando que estes invertebrados atraíram a atenção de pesquisadores por todo o país pelo grande potencial biótico que demonstram (Tanck et al., 2000; Barros et al., 2002; Baretta et al., 2003; Brown et al., 2003; Nunes et al., 2006; Silva et al., 2006; Marchão et al., 2008, 2009; Römbke et al., 2009; Lima e Brussaard, 2010; Marichal et al., 2010; Rousseau, 2010; Bartz et al., 2009, 2014a, 2014b; Pasqualin et al., 2012; Batista et al., 2014; Santos et al., 2016).

Apesar da definição de qualidade do solo ser muito ampla, envolvendo atributos químicos, físicos e biológicos, dada por Doran e Parkin, (1994), a biota do solo é considerada o atributo mais ativo de todos (Fontes, 2012) e pode mostrar através de suas atividades e ausência delas o real estado do ambiente a que estão

inseridas. Mas, para que um animal possa ser considerado como um sinalizador das condições ambientais, ele deve atender alguns requisitos. Possuir uma metodologia padrão de coletas além de bons conhecimentos sobre o grupo são fundamentais para que se enquadrem nesta categoria. Porém a sensibilidade aos diversos tipos de perturbação e aplicação de substâncias sobre seu habitat é um dos principais fatores que tornam as minhocas bons bioindicadores ambientais (Markert et al., 2003; Römcke et al., 2005).

Pouco mais de 300 espécies de minhocas são conhecidas no Brasil (Brown; Fragoso, 2007) e para que o uso delas como indicadores da qualidade ambiental seja compreendido, é necessário conhecer as interações que existem entre as populações destes animais e as diversas condições de solo, clima, bioma, uso e manejo, além dos atributos físicos e químicos dos solos Brasileiros (Römcke et al., 2009; Brown e James, 2007), interações que ainda não foram realizadas.

Poucos estudos relacionaram as populações de minhocas com os atributos químicos e físicos do solo, dentre os pioneiros está a utilização de minhocas como indicadores da qualidade do solo em sistemas de plantio direto realizado por Bartz et al. (2013) na região dos Campos Gerais do estado do Paraná. Mesma região onde foi criado o “Clube da Minhoca” que leva esse nome pela valorização da estreita relação entre a presença desses animais e a boa fertilidade e produtividade agrícola nos solos de seus sócios (Brown et al., 2003b).

O conhecimento destas interações se faz necessário, pois qualquer alteração do ambiente através de ações humanas, seja a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas e/ou pecuários ou ainda a modificação do sistema de manejo utilizado, afetam diretamente as populações de minhocas e conseqüentemente, as funções desempenhadas por estes animais no solo. Além disso, a crescente demanda por alimentos naturalmente aumenta o uso de agrotóxicos nas áreas agrícolas, ações que também tem demonstrado serem nocivas as comunidades de minhocas, levando a redução ou até mesmo a extinção das populações destes animais (Paoletti, 1999a). Somente conhecendo as principais causas das variações das populações poder-se-á esclarecer o real valor das minhocas como bioindicadores da fertilidade e qualidade do solo, de acordo com as diferentes condições ambientais prevalentes no país (Brown & Domingues, 2010).

Além disso, outro problema frequentemente observado nos estudos relacionados a minhocas são as variações das metodologias de coleta empregadas na avaliação das populações e a ausência de dados fundamentais que possibilitem a comparação entre diferentes estudos. As minhocas contribuem para a alteração de diversas características químicas e físicas dos solos, entretanto, estes parâmetros também impactam nas comunidades destes invertebrados (Edwards, 1994). Variáveis como, o pH, teor de matéria orgânica e textura do solo, tem demonstrado grande correlação com a abundância destes organismos em sistemas nativos e agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi reunir os trabalhos realizados sobre as populações de minhocas nos diferentes biomas brasileiros em uma única base de dados com a finalidade de apontar as diferentes causas da variação destes invertebrados considerando o maior número possível de variáveis obtidas, além de sugerir a padronização da metodologia de coleta e publicação de trabalhos relacionados a estes animais.

2 CHAPTER I: ASSESSING EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS: THE NEED FOR STANDARDIZATION

2.1 ABSTRACT

Earthworms actively participate in the delivery of various ecosystem services for the proper functioning of the soil. In fact, their populations are often related to soils with good fertility and quality and in some countries, they are already used as indicators of environmental quality. To optimize their use as bioindicators, it is necessary to collect environmental, soil data and earthworm populations in a standardized manner. In this study, a database of abundance and biomass of these animals, collected from 128 published works was assembled from 825 sites with different types of climate, soils, land use and management systems and ecosystems in Brazil, in order to evaluate which soil, environmental and earthworm attributes were being studied. The most important attributes affecting earthworm populations are presented and the proportion of studies in which they were evaluated is presented. There was great variation in the information available for the collection sites, highlighting the different interests and approaches of the authors. Soil attributes were reported in < 60% of the studies, while environmental attributes were reported in > 60% of the studies. Earthworms were rarely identified (26%) and few studies (31%) measured biomass, but most provided adequate information on sampling. In order to standardize and optimize of the use of earthworms as environmental bioindicators, we propose a minimum list of environmental, soil and earthworm data needed in future studies. Although focused on Brazilian conditions, the proposal is also valid for other countries.

Keywords: Oligochaeta 1. Macrofauna 2. Soil quality 3. Bioindicators 4.

2.2 RESUMO

As minhocas participam ativamente de diversos serviços ecossistêmicos para o bom funcionamento do solo. De fato, suas populações são frequentemente relacionadas a solos com boa fertilidade e qualidade e em alguns países já são usadas como indicadoras da qualidade ambiental. Contudo, para otimizar seu uso como bioindicadores, é necessário coletar dados ambientais, edáficos e das populações de minhocas de forma padronizada. Nesse trabalho, realizou-se uma revisão de literatura e montou-se uma base de dados de abundância e biomassa desses animais, retirados de 128 trabalhos da literatura, coletados em 825 locais do Brasil, com diversos tipos de climas, solos, sistemas de uso e manejo do solo e ecossistemas, para poder determinar quais atributos edáficos, ambientais e das minhocas estavam sendo avaliados. Os atributos edáficos e ambientais mais importantes determinantes para as minhocas são apresentados, mostrando a proporção de trabalhos que consideraram cada um deles nas publicações. Observou-se grande variação nas informações disponíveis para os locais de coleta, evidenciando os diferentes interesses e abordagens dos autores. A maioria dos atributos edáficos foi relatada em <60% dos casos, enquanto a maior parte dos atributos ambientais foram relatados em >60% dos trabalhos. As minhocas foram raramente identificadas (26% dos casos), enquanto poucos trabalhos (apenas 31%) avaliaram biomassa, mas a maioria deles apresentou informação adequada sobre amostragem. Visando uma padronização e otimização do uso das minhocas como bioindicadores ambientais, apresentamos aqui uma lista mínima de dados ambientais, edáficos de minhocas necessária em estudos futuros. Apesar do enfoque nas condições brasileiras, a proposta é válida também para outros países.

Palavras-chave: Oligochaeta 1. Macrofauna 2. Qualidade do solo 3. Bioindicadores 4.

2.3 INTRODUCTION

Among the most known soil animals are the earthworms, soil engineers (Jones et al., 1994; Lavelle et al., 1997) that actively contribute to many ecosystem services, including carbon sequestration and gaseous exchanges, plant production, erosion control, soil genesis, decomposition and nutrient cycling, among others (Stockdale e Watson, 2012; Jouquet et al., 2014; Brown et al., 2015). Most farmers and gardeners are quick to recognize the value of earthworms for soil fertility (Brown et al., 2003; Lima e Brussaard, 2010), and tend to associate presence of high numbers of worms with more fertile soils.

However, the earthworm community and their abundance in a given location is controlled by a series of biotic and abiotic factors, including: climatic conditions (climate type, especially precipitation and temperature), soil properties (type and its chemical and physical conditions, especially pH, organic matter, humidity, texture and structure), vegetation (type of ecosystem, especially plant cover) and history (especially human but geological also) of the site (Reynolds, JW., Jordan, 1975; Brown e Dominguez, 2010). At the spatial scale and of hierarchical importance, climate is the most important factor (Lavelle, 1996), because it generally regulates the biome and type of ecosystem (vegetation) and soil class of a particular site (FIGURE 1). Nevertheless, human disturbance such as soil management, the type of crop or forest plantation, inputs and cultural practices are also important determinants (FIGURE 1), because they affect many of the soil characteristics important for earthworms, such as organic matter (OM) content, pH, nutrients, besides productivity and plant cover, that affect the quality and quantity of the litter and soil temperature.

In several European countries, earthworm populations and species diversity are being used as environmental and soil quality bioindicators (Shepherd et al., 2008; Frund et al., 2011; Pulleman et al., 2012). However, in Brazil this use is still poorly explored, with relatively few publications on the topic (Nunes et al., 2007; Uzêda et al., 2007; Andréa, 2010; Bartz et al., 2010; Brown e Dominguez, 2010; Fernandes et al., 2010; Lima e Brussaard, 2010; Baretta et al., 2011). In fact, until now, only one earthworm-based soil quality classification has been proposed, based on abundance in areas under no-tillage in western Paraná State, Southern Brazil (Bartz et al., 2013).

Given the large variety of factors that can influence earthworm communities in soils, their use as bioindicators must include the sampling of many environmental and soil factors that are important determinants of soil function as a habitat for the development and activity of earthworm populations. However, in order to compare the ecosystems or types of vegetation, agricultural or forestry management adopted and the results of different studies on earthworm populations, data collection must be standardized, so that the same environmental, earthworm and soil data (parameters or attributes considered determinant), are collected using similar methods.

A comprehensive literature review was therefore performed of all studies with data on earthworm populations in Brazil, verifying the environmental and soil data provided in each study. Based on this, the present review presents and discusses a standardized data collection model to assess earthworm populations in Brazil, proposing a list of the main soil, environmental and earthworm attributes to be evaluated, in order to optimize data collection and allow for comparisons between different studies.

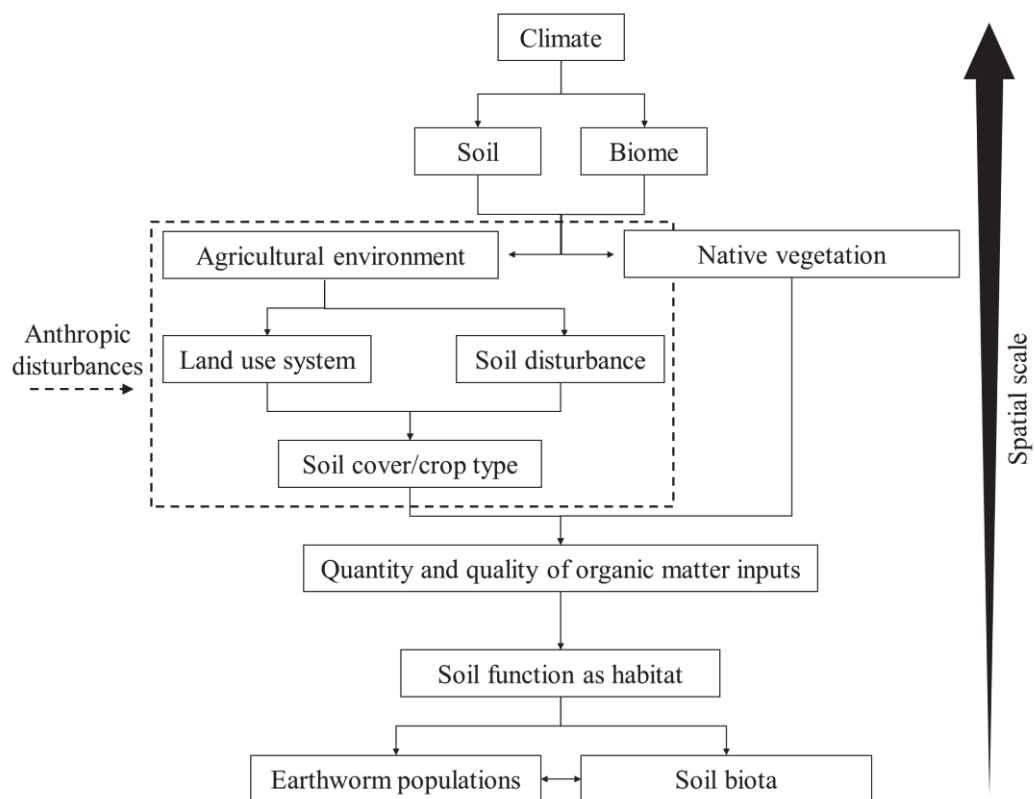


FIGURE 1 - HIERARCHICAL MODEL OF THE FACTORS WHICH DETERMINE EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS.

FONTE: Nadolny (2017)

2.4 MATERIAL AND METHODS

Published studies including density (ind m⁻²) and biomass (g m⁻²) data on earthworms in Brazilian and foreign literature were compiled into a database. The literature review included searchable online databases (e.g., Web of Science, Scielo, Lattes-CNPq Platform, BDTD-Thesis and Dissertations in Brazil, Google Scholar, Alice-Embrapa Repository), non-indexed journals, book chapters, conference proceedings in soil science, zoology, ecology, agroecology and conservation agriculture, as well as personal contact with colleagues who work with earthworms and/or are members of the Brazilian CNPq research group "*Biology, ecology and function of terrestrial Brazilian oligochaetes (earthworms and enchytraeids)*".

In total, were found more than 150 studies that evaluated soil macrofauna populations in general or earthworms only, but only 128 of these could be used (Table 1). Of these, about 40 % were journal articles found online. However, about 60 % were "grey literature" (37 theses and dissertations and 44 published in conference proceedings). Nonetheless, these grey literature publications were considered valid for the present study.

Of the publications not used, several used earthworm collection methods considered less efficient, (Peixoto e Marochi, 1996; Römbke et al., 1999; Ressetti, 2006; Ressetti et al., 2008; Steffen et al., 2013) such as irritant solutions that make earthworms rise to the soil surface (e.g., diluted formaldehyde, mustard or onion extract). Other publications, did not present data on earthworm density per sample site, but rather as means per land use system or soil management type, making data recovery impossible (Mathieu et al., 2009; Marichal et al., 2010; Pimentel et al., 2011b; Baretta et al., 2013a; Rousseau et al., 2014; Santos et al., 2016). Finally, there were also cases in which overall soil macrofauna data were presented, (Correia et al., 2003b; Rodrigues et al., 2005; Lima e Brussaard, 2010; Vasconcellos et al., 2013), but individual data on earthworms were not shown, or were joined in tables or figures with other soil fauna in trophic groups such as ecosystem engineers, or detritivores.

In addition to earthworm data, environmental data and soil analysis of the sites sampled were obtained from the publications. In some cases, soil or earthworm data were published separately, so data was obtained from other publications. The description of each type of observed data is given in the following sections.

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS.

Study	Biome	County - State	Land use system	“n”	Data	References
1	Pampa	Pelotas, Morro Redondo - RS	Crop	4	a, b, s	(Schiavon, 2012)
2	Pampa	Pelotas - RS	Native vegetation, Forestry plantation, Crop	5	a	(Correia e Oliveira, 2000; Schiavon et al., 2009)
3	Pampa	Pelotas, São Lourenço do Sul -RS	IPS	4	a	(Hipólito et al., 2015)
4	Pampa	Santa Maria - RS	Crop	5	a	(Giracca et al., 2005)
5	Pampa	Santa Maria - RS	Crop	5	a	(Campos et al., 1997)
6	Atlantic Forest	Água Santa, Passo Fundo - RS	IPS, Pasture, Crop, Native vegetation	10	a	(Azevedo et al., 2000; Lima et al., 2002; Rodrigues et al., 2005)
7	Atlantic Forest	Teutônia - RS	Crop, Native vegetation	4	a, s	(Krabbe et al., 1993)
8	Atlantic Forest	Campos Novos - SC	Crop	6	a, s	(Alves, 2007)
9	Atlantic Forest	Canoinhas - SC	Crop	4	a, b, s	(Freitas, 2007)
10	Atlantic Forest	Chapecó - SC	Crop, Pasture, Native vegetation	7	a, s	(Baretta et al., 2003)
11	Atlantic Forest	Chapecó - SC	Crop, Native vegetation, Pasture	6	a	(Alves et al., 2002)
12	Atlantic Forest	Florianópolis - SC	Native vegetation, Forestry plantation	5	a	(Gois et al., 2007)
13	Atlantic Forest	Galvão, Abelardo Luz, Faxinal dos Guedes, Guarujá do Sul, Guaraciaba, Maravilha, Guatambú, Pinhalzinho, Chapecó - SC	Crop, Native vegetation, IPS	9	a	(Rocha et al., 2013)
14	Atlantic Forest	Lages - SC	Native vegetation, Forestry plantation	3	a, s	(Pompeo et al., 2016)
15	Atlantic Forest	Orleans - SC	Native vegetation, Pasture, Crop	4	a, s	(Filho, 2009; Alberton et al., 2010)
16	Atlantic Forest	Antonina - PR	Native vegetation, Pasture, Crop	6	a, b	(Maschio et al., 2010)
17	Atlantic Forest	Antonina, Guaraqueçaba, Paranaguá - PR	Pasture, Native vegetation, Crop, IPS	53	a, b, s	(Römbke et al., 2009)
18	Atlantic Forest	Arapongas, Londrina, Rolândia - PR	Native vegetation, Pasture, Crop	5	a, b, s	(Bartz et al., 2014)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	“n”	Data	References
19	Atlantic Forest	Barra do Turvo - SP, Adrianópolis - PR	IPS, Native vegetation	6	a, b, s	(Brown et al., 2009)
20	Atlantic Forest	Bela Vista do Paraíso - PR	Crop, Native vegetation, Pasture	12	a, b	(Benito, 2002; Brown et al., 2003)
21	Atlantic Forest	Bituruna - PR	Crop, Native vegetation	3	a	(Bianchi et al., 2007)
22	Atlantic Forest	Cafeara, Campo Mourão, Cornélio Procopio, Jataizinho, Londrina, Sertãoópolis, São Jerônimo da Serra - PR	Crop, Pasture, Native vegetation	6	a, b	(Brown et al., 2001, 2003, 2008; Saraiva, 2004)
23	Atlantic Forest	Rolândia - PR	Crop, IPS, Pasture, Native vegetation	4	a, s	(Brown et al., 2003; Benito et al., 2008)
24	Atlantic Forest	Campina Grande do Sul - PR	Native vegetation	8	a, b, s	(Cardoso et al., 2014)
25	Atlantic Forest	Castro - PR	Crop, Native vegetation	4	a, b, s	(Tanck, 1996; Tanck et al., 2000)
26	Atlantic Forest	Cianorte - PR	IPS, Pasture	2	a, b	(Jardeveski e Silva, 2005)
27	Atlantic Forest	Civelândia - PR	Crop	2	a, s	(Trogello et al., 2008)
28	Atlantic Forest	Colombo - PR	Forestry plantation, Native vegetation	15	a, b, s	(Silva, 2010; Lima, 2011; Santos et al., 2016)
29	Atlantic Forest	Colombo - PR	Forestry plantation	5	a, b, s	(Maschio, 2012; Maschio et al., 2014)
30	Atlantic Forest	Colorado - PR	Crop, Native vegetation	5	a, s	(Pasqualin, 2009; Pasqualin et al., 2012)
31	Atlantic Forest	General Carneiro - PR	Crop, Native vegetation	6	a, b	(Mafrá et al., 2002)
32	Atlantic Forest	Jaguapitã - PR	Crop, Pasture, Native vegetation	11	a,b,s	(Nunes, 2006; Nunes et al., 2007)
33	Atlantic Forest	Jardim Olinda - PR	IPS	4	a, s	(Franchini et al., 2009)
34	Atlantic Forest	Londrina - PR	Crop, Native vegetation, Pasture	6	a, b, s	(Fernandes, 2009)
35	Atlantic Forest	Londrina - PR	Crop, Native vegetation	6	a, b, s	(Bartz et al., 2009a)
36	Atlantic Forest	Londrina - PR	Native vegetation	3	a, b	(Korasaki et al., 2007, 2008)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	"n"	Data	References
37	Atlantic Forest	Londrina - PR	Crop, Native vegetation, Pasture	4	a, b	(Brown et al., 2008; Azevedo et al., 2010)
38	Atlantic Forest	Londrina - PR	Crop	6	a	(Brown et al., 2001)
39	Atlantic Forest	Londrina, Rolândia - PR	Crop	7	a, s	(Kemper e Derpsch, 1980, 1981; Derpsch et al., 1986)
40	Atlantic Forest	Miraselva - PR	Pasture, Native vegetation	4	a	(Benito, 2005)
41	Atlantic Forest	Paranaguá - PR	Native vegetation, IPS	2	a, s	(Santos et al., 2015)
42	Atlantic Forest	Pinhais - PR	Pasture	3	a, s	(Klenk, 2010)
43	Atlantic Forest	Ponta Grossa - PR	IPS, Native vegetation, Forestry plantation, Crop, Pasture	7	a, b, s	(Zagatto, 2014; Ferreira, 2015)
44	Atlantic Forest	Ponta Grossa - PR	Crop	4	a	(Voss, 1986)
45	Atlantic Forest	Nova Aurora, Cafelândia, Arapongas, Cascavel, Palotina - PR	Crop	8	a, b, s	(Lima et al., 2009)
46	Atlantic Forest	Mercedes, Marechal Cândido Rondon, Itaipulândia, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, Toledo - PR	Crop, Native vegetation, Forestry plantation	56	a, b, s	(Gorte, 2016)
47	Atlantic Forest	Mercedes, Marechal Cândido Rondon, Itaipulândia, Entre Rios do Oeste, Santa Helena, Toledo - PR	Crop, Native vegetation, Forestry plantation	36	a, s	(Bartz et al., 2010, 2013)
48	Cerrado, Atlantic Forest	Bananal, Itaberá, Itapeva, Iporanga - SP	Native vegetation, Forestry plantation	6	a, s	(Pereira, 2012)
49	Atlantic Forest	Campinas - SP	Crop	4	a, s	(Santos et al., 2005)
50	Atlantic Forest	Campos do Jordão - SP	Native vegetation, Forestry plantation, IPS	4	a, b, s	(Baretta, 2007; Baretta et al., 2007)
51	Atlantic Forest	Campos do Jordão - SP	Native vegetation, Forestry plantation	3	a, s	(Merlim, 2005)
52	Atlantic Forest	São Roque - SP	Crop, Native vegetation	3	a, s	(Uzêda et al., 2007)
53	Atlantic Forest	Ubatuba - SP	Crop, Pasture	5	a, s	(Marchiori, 2008)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	“n”	Data	References
54	Atlantic Forest	Duque de Caxias - RJ	Native vegetation	2	a, s	(Buch et al., 2015)
55	Atlantic Forest	Itaboraí - RJ	Native vegetation	6	a	(Ferreira et al., 2012)
56	Atlantic Forest	Barra do Piraí - RJ	Forestry plantation	4	a, s	(Correia et al., 2003a; Bianchi, 2009)
57	Atlantic Forest	Paty do Alferes, Valença - RJ	Native vegetation, Crop	12	a, s	(Pimentel et al., 2002, 2011b; Pimentel, 2005)
58	Atlantic Forest	Queluz - RJ	Native vegetation, Pasture	4	a, s	(Menezes, 2008; Menezes et al., 2009)
59	Atlantic Forest	Seropédica - RJ	IPS, Pasture	4	a	(Dias et al., 2006b)
60	Atlantic Forest	Seropédica - RJ	IPS, Pasture	5	a	(Dias et al., 2007; Silva et al., 2015a)
61	Atlantic Forest	Seropédica - RJ	Crop	3	a, s	(Merlim et al., 2005)
62	Atlantic Forest	Seropédica - RJ	Crop	5	a, b	(Rodrigues et al., 2004)
63	Atlantic Forest	Seropédica - RJ	Crop	5	a	(Cordeiro et al., 2004)
64	Atlantic Forest	Nova Friburgo, Seropédica - RJ	Crop	7	a	(Aquino et al., 2005)
65	Atlantic Forest	Linhares - ES	Crop	4	a, s	(Benazzi, 2011)
66	Atlantic Forest	Alagoa, Bocaina de Minas - MG	IPS, Pasture, Native vegetation	6	a, b, s	(Camargo et al., 2014; Camargo, 2016)
67	Atlantic Forest	Araponga - MG	Crop, Native vegetation	8	a, s	(Souza, 2010)
68	Atlantic Forest	Campos Gerais - MG	Crop, Native vegetation, Forestry plantation	3	a	(Marques e Silva, 2011)
69	Atlantic Forest	Governador Valadares - MG	Native vegetation, Pasture	2	a	(Vicente et al., 2010)
70	Atlantic Forest	Ouro Fino - MG	Native vegetation, Crop	3	a	(Silva et al., 2014)
71	Atlantic Forest	Pedralva - MG	Crop	3	a, s	(Madeira et al., 2010; Oliveira, 2012)
72	Atlantic Forest	Fátima do Sul - MS	Crop, Native vegetation	5	a, s	(Silva et al., 2007)
73	Atlantic Forest	Fátima do Sul - MS	Crop, Native vegetation	3	a, s	(Silva et al., 2001)
74	Atlantic Forest	Fátima do Sul - MS	Crop, Native vegetation	3	a, s	(Otsubo et al., 2002)
75	Atlantic Forest	Dourados - MS	Crop, Pasture, Native vegetation, IPS	5	a, s	(Silva et al., 2006)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	"n"	Data	References
76	Atlantic Forest	Dourados - MS	Crop, Pasture, Native vegetation, IPS	9	a, s	(Portilho et al., 2011)
77	Atlantic Forest	Itaporã - MS	Crop	2	a	(Pezarico et al., 2003)
78	Atlantic Forest	Selvíria - MS	Native vegetation, Forestry plantation, IPS	6	a, s	(Marchini et al., 2010)
79	Atlantic Forest	Cruz das Almas - BA	Crop, Native vegetation, IPS, Forestry plantation	5	a	(Pereira et al., 2012)
80	Atlantic Forest	João Pessoa, Areia - PB	IPS, Native vegetation	3	a, b, s	(Guerra e Silva, 1994)
81	Pantanal	Aquidauana - MS	Native vegetation, Crop	4	a, s	(Brito et al., 2016)
82	Pantanal	Corumbá - MS	Native vegetation	3	a	(Dias et al., 2006a)
83	Cerrado	Brasília - DF	Native vegetation, Pasture, IPS, Crop	14	a, s	(Marchão et al., 2009)
84	Cerrado	Brasília - DF	Native vegetation	5	a, b, s	(Dias et al., 1997)
85	Cerrado	Brasília - DF	Native vegetation	2	a, s	(Bento, 2009; Corrêa e Bento, 2010)
86	Cerrado	Correntina - BA	Crop, Pasture, Native vegetation	6	a, s	(Marchão et al., 2008a, 2008b)
87	Cerrado	Formosa - DF, Santo Antônio do Descoberto - GO	Pasture	4	a, s	(Vendrame, 2008; Vendrame et al., 2009)
88	Cerrado	Jataí - GO	Native vegetation, Crop	7	a, s	(Blanchart et al., 2007)
89	Cerrado	Planaltina - GO	Native vegetation, Pasture	5	a, b	(Benito et al., 2000)
90	Cerrado	Santo Antônio de Goiás - GO	Crop, IPS	8	a, s	(Santos et al., 2008)
91	Cerrado	Maracaju - MS	Native vegetation, IPS	4	a, s	(Batista, 2011; Batista et al., 2014)
92	Cerrado	Maracaju - MS	Crop, Pasture, IPS, Forestry plantation, Native vegetation	6	a, s	(Lourente et al., 2007)
93	Cerrado	Miranda, Rio Brillhante - MS	Crop	22	a	(Barrigossi et al., 2009)
94	Cerrado	São Carlos - SP	Pasture, Native vegetation	3	a, s	(Brigante, 2000)
95	Cerrado	São José do Rio Preto - SP	Native vegetation	1	a	(Caballero, 1975a)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	“n”	Data	References
96	Cerrado, Atlantic Forest	Taciba - SP, Londrina - PR	Crop, Pasture, Native vegetation	7	a, b, s	(Brown e James, 2007)
97	Cerrado, Atlantic Forest	Valparaíso, Ipaussu – SP, Jataí - GO	Crop, Pasture, Native vegetation	9	a, s	(Franco et al., 2016)
98	Cerrado	São Sebastião do Paraíso - MG	Crop	2	a, b, s	(Ricci et al., 1999; Aquino et al., 2000)
99	Cerrado	Uberlândia - MG	Crop, Pasture, Native vegetation	5	a, b, s	(Pasini et al., 2003; Brossard et al., 2012)
100	Cerrado	Uruçui - PI	Crop, Native vegetation	5	a	(Santos et al., 2013a)
101	Amazon	Vila Bela da Santíssima Trindade - MT	IPS	2	a, s	(Mendes et al., 2010)
102	Amazon	Alcântara - MA	Native vegetation	8	a	(Triana, 2014)
103	Amazon	São Luís - MA	IPS	6	a, s	(Moura et al., 2014)
104	Amazon	Igarapé-Açu - PA	Pasture, IPS, Native vegetation	6	a	(Rousseau et al., 2010)
105	Amazon	Itupiranga - PA	Pasture, Forestry plantation, IPS	16	a, s	(Laossi et al., 2008; Velásquez et al., 2012)
106	Amazon	São Félix do Xingu - PA	Native vegetation, Pasture, IPS	5	a, s	(Braga, 2015)
107	Amazon	Benjamin Constant - AM	Native vegetation, IPS, Crop, Pasture	13	a, b, s	(Alves, 2011)
108	Amazon	Manaus - AM	Native vegetation, Forestry plantation	6	a, s	(Harada e Bandeira, 1994; Bandeira e Harada, 1998)
109	Amazon	Manaus - AM	Native vegetation	4	a	(Araujo e Luizão, 1999)
110	Amazon	Manaus - AM	Crop, Pasture	4	a, b, s	(Pontes, 2009)
111	Amazon	Manaus - AM	Native vegetation	6	a, b	(Lins-Teixeira et al., 2007)
112	Amazon	Presidente Figueiredo - AM	Native vegetation, Forestry plantation	4	a, s	(Viana, 2012)
113	Amazon	Rio Preto da Eva - AM	IPS	10	a, b	(Tarrá, 2003; Tarra et al., 2012)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS. (CONTINUATION)

Study	Biome	County - State	Land use system	"n"	Data	References
114	Amazon	Rio Preto da Eva - AM	IPS, Native vegetation	5	a, b, s	(Barros et al., 2003)
115	Amazon	Rio Preto da Eva, Itapiranga - AM	Native vegetation, Pasture, IPS	3	a, b, s	(Barros et al., 1996)
116	Amazon	Bonfim - RR	Native vegetation	3	a, b	(Guerra, 1994a)
117	Amazon	Cantá - RR	IPS, Native vegetation, Pasture	6	a	(Costa et al., 2004)
118	Amazon	Macapá - AP	Crop	4	a, b, s	(Silva, 2009)
119	Amazon	Ji-Paraná - RO	IPS	1	a	(Pequeno et al., 2004)
120	Amazon	Nova Califórnia - RO	IPS, Native vegetation	4	a, s	(Luizão et al., 2002)
121	Amazon	Ouro Preto do Oeste - RO	IPS	3	a	(Silva et al., 1994)
122	Amazon	Rio Branco - AC	Pasture, Native vegetation	2	a, b, s	(Guerra, 1994b)
123	Amazon	Theobroma, Porto Velho, Ji-Paraná - RO, Acrelândia, AC	Native vegetation, Crop, IPS, Pasture	15	a, b, s	(Barros et al., 2002)
124	Amazon, Cerrado, Atlantic Forest	Itapuç do Oeste - RO, Uruará - PA, Botucatu - SP, São Paulo - SP	Native vegetation, Pasture	11	a	(Catanozi, 2010)
125	Caatinga	Crato - CE	Native vegetation, Crop	5	a, s	(Araujo, 2010)
126	Caatinga	Esperantina - PI	IPS, Native vegetation, Crop	5	a, s	(Lima, 2008; Lima et al., 2010)
127	Caatinga	Bom Jesus - PI	Native vegetation, Crop, Pasture	5	a, s	(Santos et al., 2017)
128	Caatinga	Juazeiro - BA	Crop	1	a, s	(Pimentel et al., 2011a)

TABLE 1 - PUBLISHED STUDIES USED TO BUILD THE DATA BASE ON EARTHWORM POPULATIONS IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS.
(CONTINUATION)

Total	Atlantic Forest (78), Pantanal (2), Cerrado (18), Amazon (25), Caatinga (4), Pampa (5)	146 counties PR (48), SP, SC (14), MG, MS (9), RJ (8), RS (7), AM, RO (5), GO, PA (4), AC, BA (3), DF, MA, PB, RR (2), AP, CE(1), ES, MT, PI (3)	Nº. by category* Crop (73/352) Native vegetation (87/247) IPS (38/99) Pasture (43/98)* Forestry plantation (18/51)*	7 point s	(128)a (39)b (80)s	Nº. by category** Papers in journal (49) Book Chapters (7) Theses and dissertations (37) Abstracts/Conference papers/Others (45)
--------------	---	--	--	-----------------	--------------------------	---

Between parentheses (number of works/number of points in the data base) **The sum of all works in each class is higher than the total publications (128), because data from some studies were published in more than one place (e.g., thesis, paper and other) a = abundance; b = biomass; s = soil attributes (even if partial, chemical and/or physical), IPS = Integrated production systems (systems that include different species)

2.4.1 ENVIRONMENTAL ATTRIBUTES

Among the environmental attributes considered most important for earthworms are the climate, which regulates the annual average temperature and precipitation. In order to standardize the data, we selected the Köppen climate type (TABLE 2). When not given, information on the sample site (county, locality or geographical coordinates), was used to obtain climate type using ARCGIS software containing layers of climate information (Köppen). Precipitation and temperature data, when not given was obtained from an online weather service that provides historical records of precipitation and temperature from the last 30 years in each Brazilian county (<https://www.climatempo.com.br/>).

TABLE 2. ENVIRONMENTAL VARIABLES COLLECTED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THE INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE (N DB). TOTAL NUMBER OF PUBLICATIONS N=128.

Variables	Description	Nº Studies (%)	N db
Sampling date	Month/year of sampling	119 (93)	777
Sampling season	Specification of wet or dry season	45 (35)	235
Locality	Name of sampling site (e.g., Farm, Experimental field)	94 (73)	618
County	County name	128 (100)	825
State	Acronym of the Brazilian state	128 (100)	825
Geographical coordinates	Coordinates of the collection site, preferably in degrees, minutes, and seconds, or transformed to decimal	84 (66)	588
Altitude	Altitude (meters) above sea level	70 (55)	512
Mean precipitation (annual)	Annual mean precipitation (mm)	78 (61)	590
Mean temperature (annual)	Annual mean temperature (°C)	75 (59)	566
Köppen climate	Climate kind according to Köppen	69 (54)	511
Biome	Brazilian biome where sampling was done	55 (43)	404
Soil cover/Vegetation type	Vegetation type or soil cover	128 (100)	825
Type of native vegetation	Local native vegetation type according IBGE (2012)	57 (44) *	179
Crop type	Name of crop at or just before sample date	66 (52) *	303
Soil type	Soil classification according to Brazilian Classification System (Santos et al., 2013b) or (FAO, 2006)	102 (80)	677
Soil management	Soil disturbance (conventional seeding, minimum tillage, no tillage, permanent crop)	63 (49)	311

*proportion calculate in relation to the total number of studies that sampled Native vegetation or Crops

FONTE: Nadolny (2017)

When the geographical coordinates of the specific sampling site were not provided, the coordinates of the county seat were used. Other parameters considered important were the sample date (which provides information on climate conditions at the time of sampling), the altitude (which provides information on the climate, especially temperature), and the type of vegetation (which provides information on the soil and litter quantity and quality) of the collection sites. In cases where there was no information on the type of native vegetation, these were collected from Brazilian vegetation maps (IBGE, 2012).

2.4.2 EARTHWORM DATA

Only samples performed using the standard method for collecting earthworms in tropical soil conditions, based on ISO (2007) and the TSBF method (Tropical Soil Biology and Fertility Programme; Anderson; Ingram, 1993) were used in this review. Information on the size of excavated area to collect the earthworms, the number of samples taken per site, and the depth of the sample were extracted from each publication. The dimensions and number of monoliths excavated were used to calculate sampling effort (total area sampled, in m²) in each study (TABLE 3).

Mean earthworm abundance and biomass data (when available) were entered into the database as well as information on species identification (if performed or not). When more than one source of data was available for the same site, i.e., if it was sampled more than once (e.g., at different times of the year or different years), mean abundance and biomass values were calculated for each sample site or treatment evaluated, so that each individual treatment or site was represented by only one line in the database.

TABLE 3. VARIABLES ASSOCIATED WITH THE EARTHWORM SAMPLING OBTAINED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THIS INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE (N DB).

Variables	Description	Nº Studies (%)	N db
Size of tranches dug	side x side or diameter if cylindrical (cm)	127 (99)	818
Number of tranches	Number samples site ⁻¹	121 (94)	793
Depth	Sample depth (cm), with minimum 10 cm	126 (98)	815
Density	Mean number of earthworm individuals (m ⁻²) found at the site	128 (100)	825
Biomass	Mean earthworm biomass (g m ⁻²) at the site (fresh weight in preservative liquid, including intestinal contents)	38 (30)	285
Species identification	Species identified (yes or no)	31 (24)	203

FONTE: Nadolny (2017)

2.4.3 SOILS CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES

The soil chemical (pH, H+Al, K, Ca, Mg, P, C, sum of Bases, CEC, Base saturation, N and C:N ratio) and physical (sand, clay and silt) attributes included in the literature review were those generally provided in routine soil fertility analyses in Brazilian soil analysis laboratories, except for C and N by combustion (which are not routine in most laboratories). The values of these attributes were obtained from each publication, when fully or partially informed by the authors (TABLE 4). As the pH analysis methods are not standardized, a single value was calculated for all samples, using the conversion factor of Tomé Jr. (1997), where the pH in water is generally 0.6 points higher than that estimated in CaCl₂ or KCl. Values obtained in CaCl₂ or KCl were kept and considered of similar magnitude for these two methods.

TABLE 4. SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OBTAINED IN THE LITERATURE REVIEW, THE NUMBER OF PUBLICATIONS (PERCENTAGE OF TOTAL IN PARENTHESES) WITH THIS INFORMATION AVAILABLE, AND THE NUMBER OF SAMPLES INCLUDED IN THE DATABASE.

Variables	Description	N° Studies (%)	N db
pH	Soil pH in CaCl ₂ , KCl or H ₂ O (pH in water transformed to CaCl ₂)	73 (57)	44
H+Al	Soil Potential soil acidity (cmolc dm ⁻³)	42 (33)	263
K	Available Potassium (cmolc dm ⁻³)	66 (52)	408
Ca	Available Calcium (cmolc dm ⁻³)	63 (49)	383
Mg	Available Magnesium (cmolc dm ⁻³)	63 (49)	383
P	Total Phosphorus (Mehlich) (mg dm ⁻³)	62 (48)	382
C	Total Carbon (g dm ⁻³)	41 (32)	251
Sum of bases	Sum of bases (cmolc dm ⁻³)	42 (33)	238
CEC	Soil CEC (cmolc dm ⁻³)	45 (35)	308
Base saturation	Base saturation (%)	39 (30)	234
N	Total Nitrogen (Kjeldahl or combustion) (g dm ⁻³)	18 (14)	113
C:N	Soil Carbon:Nitrogen ratio	14 (11)	71
Sand	Total sand content (g kg ⁻¹)	46 (36)	304
Clay	Clay content (g kg ⁻¹)	50 (39)	328
Silt	Silt content (g kg ⁻¹)	46 (36)	298
Textural class	Textural class according to IBGE (2007)	53 (41)	300

FONTE: Nadolny (2017)

All values of H+Al, K, Ca, Mg, sum of Bases and CEC not in standard units (cmolc dm⁻³) were transformed. P values were standardized to mg dm⁻³ unit and only studies using the Mehlich-extraction method were included. C and N values were in g dm⁻³ and based on analyses performed using combustion or Walkley-Black digestion. When OM values were given, C was estimated using the “Van Bemmelen” factor (Embrapa, 2011), dividing OM by 1.72.

Total sand, clay and silt contents were all in g kg⁻¹. When the authors provided only sand and clay, silt was estimated by difference to 1000g. When textural soil classes were not provided they were estimated using the soil texture triangle (IBGE, 2007).

When several sources of data were available for the same collection site, or when it was sampled more than once (for example, at different times of the year, or

different years), the mean values of chemical and physical attributes of soils were calculated.

2.4.4 DATA TRATAMENT

Using the data for all sites, the number of publications with each environmental, earthworm and soil physical and chemical variables was quantified, as well as the corresponding number of points/sampling sites.

2.5 RESULTS AND DISCUSION

2.5.1 GEOGRAPHIC REPRESENTATION OF THE STUDIES

The 128 publications assessed generated earthworm abundance for 825 specific sampling sites throughout Brazil, being the majority in the Atlantic Forest biome (62% of total). Most Brazilian researchers work in this biome, including those who supervise students working with earthworms. Therefore, this biodiversity hot-spot (Myers et al., 2000), with 144 know earthworm species (Brown and James, 2007), concentrated most of the samples, with sites ranging from the southern Rio Grande do Sul state (7 studies in 7 counties) to Paraíba state (one study only, in two counties; (Guerra e Silva, 1994)). Paraná state was the best assessed, with 25% of all studies, performed in 48 counties. Of the three states exclusively in the Atlantic Forest biome (ES, RJ, SC), Espírito Santo deserves much more attention (only one study in one county until now), as there is scant information on earthworms from this state (Brown and James, 2007).

The northeastern Brazilian states were generally little represented in the publications. In fact, several states in this region (PE, RN, SE, AL) have no quantitative data on earthworm populations. Another state with notoriously few earthworm records and with no quantitative sampling is Tocantins (BROWN and JAMES, 2007). Clearly sampling efforts in these states are urgently needed in order to reduce this knowledge gap on earthworm ecology and biology in Brazil.

Only three studies contemplated the Caatinga and two of them the Pantanal, revealing the lack of earthworm research in these biomes that occupy approximately 10 and 1.8 % of Brazil's surface area, respectively (IBGE, 2004). Although, not many

earthworms are known from the Caatinga (3 species; Brown e James, 2007), there are records of large and very active worms in this biome (Cordero, 1943; Almeida et al., 2009), and clayey soils and/or those with higher potential to maintain moisture, can harbor earthworm population densities of over 100 individuals m⁻² (Araújo et al., 2010; Lima et al., 2010). In the Caatinga, worms are subjected to high seasonal variation and lower precipitation than in other places of Brazil, inducing diapause or prolonged inactivity, generally at greater depths in the soil (Silva et al., 2015b). Therefore, future collections in this biome should seek to better understand the climatic and edaphic limitations to earthworm populations, and consider the time of year for sampling, prioritizing the rainy season, when soil is moister and the worms are active closer to the surface. In the two sites where worms were collected in the Caatinga, they were found only in samples performed in the rainy season (Araújo et al., 2010; Lima et al., 2010).

In the Pantanal, where climate seasonality is also important, the yearly flooding of vast areas in this biome may cause difficulties, both for earthworm sampling and for their activity in the soil. Currently only 18 earthworm species are known from this biome, and some of them are well adapted to living in flooded soils (Carter and Beadle, 1931; Brown and James, 2007). The two studies with earthworm population data in this biome showed high density in native vegetation (Dias et al., 2006a), but very low abundance under manioc crops (Brito et al., 2016). Unfortunately, the earthworm species were not identified, but it is known that flooded areas can harbor important numbers of native species (especially of the families Ocnerodrilidae and Almididae; Brown and James, 2007), including in rice plantations (Barrigossi et al., 2009; Bartz et al., 2009b). Therefore, future sampling in this biome should consider the particularities of the region and its earthworm species, adapting the methodology to the local conditions.

In the Pampa biome, which occupies only 2% of Brazil's territory, only five studies evaluated earthworm populations, in the regions of Santa Maria and Pelotas, Rio Grande do Sul. From this biome 36 species are known, but most of them (70%) are exotic (Brown and James, 2007). In the predominant Cfa climate there is no defined dry season (Alvares et al., 2013), and earthworms are active all year, including in winter at very low ambient temperatures (-4° C; Nadolny, personal observation, unpublished data), since the soil does not freeze.

In the Cerrado biome, another biodiversity hotspot (Myers et al., 2000) that covers 24% of Brazil (IBGE, 2004), 18 studies evaluated earthworm populations. Although termites and ants predominate in this biome (Benito et al., 2004; Marchão et al., 2009), earthworms can have considerable abundance and biomass in certain places, mainly in pastures or integrated production systems-IPS (Brigante, 2000; Brown and James, 2007; Marchão et al., 2009), but also in coffee plantations (Ricci et al., 1999) and under no-tillage agriculture (Blanchart et al., 2007). Native Cerrado vegetation tends to have very few earthworms, especially in Central Brazil (Dias et al., 1997; Benito et al., 2008). As for the Caatinga, sampling time in this biome is especially important, because soils tend to be very dry in the winter, making it difficult to collect worms (hard soils) and causing them to diapause or aestivate (Abe and Buck, 1985), normally in deeper layers.

In the Amazon, earthworm populations were reported in 24 publications (~20% of total). However, considering the region's size, the large variation in vegetation, soils and natural and human-altered environments in this biome, as well as the high diversity of earthworm species in the Amazon Basin (Lavelle and Lapied, 2003), it is evident that greater efforts must be made to better understand worm populations in this biome and the possible impacts of human activities. Earthworm presence was high in this biome, and in only five cases (3.5%) no earthworms (0 indiv. m⁻²) were reported in the collected samples: i.e., in native vegetation as Dense Ombrophylous Forest (Silva et al., 1994; Catanozi, 2010; Viana, 2012), in corn (Moura et al., 2014) and coffee plantations (Silva et al., 1994).

2.5.2 ENVIRONMENTAL ATTRIBUTS

Only three attributes were reported by all authors: the county, state and soil cover/main vegetation type. In many cases other attributes, easily available or found by the authors were not reported. The absence of such data, particularly the sampling date (provided in 93% of the studies), the sampling season (provided in 35% of the studies) and the geographical coordinates (given in 66% of cases), or the name of the specific locality (reported in 73% of cases) complicate data interpretation and comparison with other published studies. Using the geographical coordinate, other information on the sampling site can be obtained from secondary sources such as climate, mean annual precipitation and temperature (from climatic databases),

type of soil and biome. Sampling date is especially important to determine the season (dry or rainy) and if it was propitious for earthworm sampling, particularly in relation to rainfall regime and potential soil moisture, key factors determining earthworm activity and abundance at a site. Accurate geographical coordinates such as those obtained by handheld GPS devices are optimal, as they allow latter verification of other attributes in specific databases.

Of the 12 climatic types described in Brazil (Alvares et al., 2013), only nine were represented in the publications. However, the climate at the sampling site – the main factor affecting earthworms in most population models (Lavelle, 1996; Brown e Dominguez, 2010) – was omitted in 46% of the studies. Furthermore, when the points were plotted on existing climate layers in GIS software, several studies had inaccurately reported the climate class. Approximately 60% of the studies included precipitation and temperature information.

Just over half (56%) of the studies described the biome and only 44% of the studies described the Native vegetation of the sample site. Although these can be easily obtained from other sources, more detailed conditions of the vegetation are always important in assessing earthworm communities, since well-preserved or primary vegetation is more likely to have native species than secondary forest or highly disturbed sites.

The soil type of the sampling site was given in 80 % of the studies. Although this factor is generally considered important for earthworm communities (Guild, 1948), little is known of the preference of earthworm species for soil types in Brazil, with only one study on this topic so far, performed in the Cerrado region of northwestern São Paulo State (Caballero, 1973). However, soil classification can provide useful information on possible physical and chemical attributes, water regime, depth and nutrient content, important factors determining earthworm populations at a given site. Unfortunately, soil maps available for most regions of the country are still at gross geographic scales for estimating soil types at a collection site, so ideally the authors should seek out experts in their regions, or get the information from other sources, so that it can be provided at finer precision levels.

2.5.3 ANTHROPIC DISTURBANCE AND MANAGEMENT PRACTICES

Agricultural cropping was the most frequently evaluated land use system, being reported in 66 studies and representing 303 points (~52% of all data). Some studies (49%) also described the soil management systems and the crop type at sampling. Information on the type of soil tillage is essential because conventional tillage has negative effects on earthworm populations, whereas no-tillage systems usually have positive effects (Brown et al., 2003; Briones e Schmidt, 2017). Information about the crop type and its management is also important because it influences the amount and type of crop residues and their C:N ratio, which determine the food value for earthworms. Low C:N materials tend to decompose faster and have higher N, one of the main components of earthworms (11% N in dry matter), and essential for their growth and reproduction (Lee, 1985).

Integrated production systems such as agroforestry, integrated crop-livestock (agropastoral), integrated crop-livestock-forestry (agrosilvopastoral) and silvopastoral (livestock-forestry) systems were reported in 17 studies and represented only 12% of the points sampled. Integrated production systems including pastures, such as integrated crop-livestock and integrated crop-livestock-forestry systems tend to be good for earthworms (Lourente et al., 2007; Franchini et al., 2009; Marchão et al., 2009; Batista et al., 2014), because pastures generally have higher earthworm populations than annual crops, particularly in the tropics (Decaëns et al., 2004; Nunes et al., 2007). Agroforestry systems are also beneficial to earthworm populations (Luizão et al., 2002; Brown et al., 2006, 2009; Römbke et al., 2009; Tarra et al., 2012; Tapia-Coral et al., 2015), not only due to the protection offered by the greater vegetation cover (trees), which affects soil temperature and humidity, but also because of the diversification in OM sources added to the soil.

Forestry plantations represented only 15% of the sampling points, included in only five studies. Most (77%) of the sites were plantations in southern and southeastern Brazil. Considering the area these plantations occupy in the country (10 million ha; IBGE, 2015), and their economic importance, greater sampling efforts are needed in forestry systems. The tree species and management affect both surface litter and root quality, and the role of these systems as earthworm habitats. Higher Ca contents in the litter can positively affect soil pH over time, influencing earthworm populations (Reich et al., 2005). The forestry species most common in Brazil are

Eucalyptus and *Pinus*, both of which have low litter quality for earthworms, although large populations can still be found in these plantations (Silva, 2010; Lima, 2011; Maschio et al., 2014), and these may be providing important environmental services, a topic deserving further attention.

2.5.4 SAMPLING AND EARTHWORM-RELATED ATTRIBUTES

The most appropriate means of assessing earthworm abundance in tropical countries is using the TSBF handsorting method, combined with formalin expulsion, when large earthworms are present (Römbke et al., 2006). This method, originally devised by (Lavelle, 1988), recommends the digging and handsorting of 5-10 holes with size 25 x 25 to 30 cm depth in each area/plot/treatment/site to be studied (Anderson and Ingram, 1993). Although the method has some limitations, especially for collecting smaller individuals and cocoons (Lavelle et al., 1981; Jiménez et al., 2006), it has been very widely used in the tropics and subtropics, with a reasonable success rate (Rossi et al., 2006). All publications selected in this review used this method or adaptations of it, including digging to lower depths (10 cm was the minimum considered), increasing the size of the holes (e.g., 40 x 40 cm) or sample frequency (e.g., n=36 holes), or decreasing sample number (n=3 was the minimum considered).

Most studies (63%) published used samples 25 x 25 cm square or smaller. The main limitation to smaller holes is the presence of larger-sized earthworms, since digging smaller trenches tends to cut large individuals. To avoid this, when adult worms larger than half the sample width (e.g., 12.5 cm) are present, larger monoliths should be dug, using 30 x 30 or 40 x 40 cm sizes, therefore avoiding and reducing large numbers of amputated worms. If only small earthworms with mean lengths of 5-10 cm (e.g., *Pontoscolex corethrurus*) are present, than the standard monoliths (25 x 25 cm) are suitable.

There is little published information on the ideal size of soil monoliths for quantitative earthworm sampling. Two Brazilian studies Baretta et al., (2007) and Cardoso et al., (2014) found that 40 x 40 cm or 50 x 50 cm monoliths were better than the standard TSBF-sized (25 x 25 cm) holes for collecting worms, particularly when large or fast-moving species were present. Caballero (1976) tested many monolith sizes and proposed that 50 x 50 or 60 x 60 cm dimensions were ideal.

However, considering the size of these holes, the effort and time needed to dig and hand-sort the soil from them, they become difficult or impossible to use in smaller plots (e.g., experimental fields) and when human resources are limiting.

Most studies (98%) reported sampling depth, but in 18% this was 15 cm or less. Ideal sample depth should be chosen based on the characteristics of the earthworm community present (i.e., presence or not of larger species that build deep galleries), and on sampling season or climatic conditions at and/or just before the sampling date. During the rainy season, most earthworms tend to be concentrated in the 0-10 cm layer (Lavelle e Kohlmann, 1984), but in the dry season they often migrate to greater depths, being difficult to collect and decreasing in abundance. However, even in the rainy season, particularly when this coincides with warmer temperatures, earthworms often move below 10 cm depth, especially at the hottest time of the day, in order to escape excessive heat and lower soil moisture in the upper layer. Therefore, it is important to choose the adequate monolith size and sample depth, based particularly on previous observations in-situ, which will reveal the occurrence or not of larger earthworm species and their activity depth, and the possible need for a differentiated sampling strategy (Caballero, 1975a; Römbke et al., 2005; Cardoso et al., 2014).

Earthworm biomass is rarely reported in studies on this animal in Brazil (Brown e James, 2007), and this measurement was made in only 30% of the studies (285 sites). This is probably due to the additional time needed to measure earthworm biomass in the laboratory. Nonetheless, this procedure must be standardized in order to avoid measurement problems. Material preserved in formaldehyde is easier to weigh and is less dehydrated than that in ethanol. As this liquid evaporates more slowly, biomass values are also more stable over the measurement period than those of individuals preserved in alcohol, which evaporates quickly, especially at higher temperatures. Active worms also normally have a variable proportion of soil in the intestine (generally 10-20 % of fresh weight, which can significantly affect fresh biomass (http://greatlakeswormwatch.org/research/methods_worms_biomass.html)).

Some authors allow the worms to void their guts before sacrificing and weighing, but this procedure is not feasible when collecting earthworms in the field, which are often cut off or injured, and this can affect the survival of all individuals collected. The best way to obtain comparable biomass measurements between

studies is to obtain ash-free dry weights with a freeze-drier. However, once this procedure is done, it is no longer possible to identify individuals. Fortunately, it is possible to make some projections of gut weights for particular species, using a sub-sample of them and making a correction for the others (Martin, 1986). Therefore, a practical way to present biomass data is to specify how the weighing was done; normally it is fresh weight in alcohol (at concentrations of 80% or greater) or formaldehyde (4 to 10%), including intestinal content. If there is time or possibility, an adjustment can be made to get the corrected biomass (without gut contents) using data obtained from the species.

However, only 24% of the studies identified the earthworm species collected from the sample sites. Earthworm identification is not an easy task, and even for the common tropical and subtropical species belonging to the Glossoscolecidae, Rhinodrilidae, Megascolecidae, Acanthodrilidae and Ocnerodrilidae families, dissection is often necessary. Species identification allows assessment of their interactions with the soil environment and estimation of their potential effects on soil properties and processes, characteristics that are closely linked to their ecological strategy/functional group (Brown, G.G; Barois, I; Lavelle, 2000). Therefore, in as far as is possible, species collected should be identified, in order to assess impacts on biodiversity (impossible to assess if species are not identified) and estimate possible impacts of the species on the soil and associated ecosystem services (Podgaiski et al., 2011).

2.5.5 SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES

Being a soil organism, with the majority of the Brazilian species in the endogeic ecological category (species that live in and feed within the soil matrix, rarely coming out on the soil surface; (Lavelle, 1988; Brown e James, 2007), it is expected that soil physical and chemical attributes will affect earthworm activity and their populations in Brazilian ecosystems. Several studies have highlighted the complex relationships between some soil characteristics, particularly pH, OM, Ca, Mg, P, Al, the texture and bulk density and earthworm populations in Brazil (Brown et al., 2003; Silva, 2010; Lima, 2011; Baretta et al., 2013b; Bartz et al., 2013). These relationships are difficult to establish because earthworms inhabit a multivariate

habitat, where several factors act and interact simultaneously, affecting the soil's potential as a habitat for the development and activity of earthworm populations.

Soil pH was provided in 57% of the studies evaluated (Table 4), being the most mentioned of all soil attributes from a total of 825 sample sites. Most Brazilian soils are naturally acid (Motta e Melo, 2009), so the earthworms living in them are generally adapted to acidic conditions. However, little is known of the pH preferences of Brazilian worm species (Steffen, 2012), and these may also vary depending on soil type. There is a clear preference of some species of earthworms of the Lumbricidae family (typical of cooler regions with a temperate climate) for particular soil pH intervals (Satchell, 1967), but only a few lumbricids actually inhabit Brazilian soils, and they occur almost exclusively in Southern Brazil (Brown et al., 2006). The common invasive species *P. corethrurus*, the most widespread earthworm in Brazilian soils (Brown et al., 2006), inhabits soils with pH ranging from 4.5 to 6.2 (Knapper e Porto, 1979; Steffen, 2012), while *Amyntas spp.* (*A. gracilis* and *A. corticis*), also widely distributed in Brazil (Brown et al., 2006) live in soils with higher pHs, ranging from 4.8 to 7.2 (Knapper e Porto, 1979; Steffen, 2012).

Soil pH determines the availability of a number of other soil elements important for plant and animal life, especially cations, sum of bases, CTC, Al and P. Liming is one of the most common agricultural and forestry practices in Brazil, in order to increase soil pH. This practice can have profound effects in plant production and on earthworm populations (Lavelle e Chauvel, 1995). In many cases, liming is performed with calcium carbonate, increasing Ca availability in soils as well. Ca contents in soils were reported in only about one-half the studies, even though this is one of the most important elements to determine in a soil chemical analysis that intends to evaluate relation with earthworms, because of its direct relationship to pH. The Ca content in the earthworm tissues can be close to 1% of dry mass (Paoletti et al., 2003), and this element is vital for earthworms to produce CaCO₃ in the calciferous glands and reduce CO₂ levels in the body. In fact, it has even been proposed that this might be a mechanism of C sequestration in soils, aided by earthworms (Briones et al., 2008).

Soil potential acidity (H+Al) was rarely provided in the studies reviewed (33% of total), while the cations K, Ca and Mg were provided in 52-49% of the studies. On the other hand, CEC and Base saturation were mentioned in 35-30% of the studies,

while sum of bases was given in 33%. These factors are generally well related to soil fertility levels (Ribeiro et al., 1999), and therefore commonly performed in soil quality assessments, particularly for agricultural fields. However, the relationships between earthworm populations and potential acidity, CEC, base saturation, K and Mg contents in soils are not well known, particularly in Brazilian ecosystems.

Soil P is generally tightly bound in soils and this element is one of the most limiting in Brazilian soils (Malavolta, 2006). However, this element was reported in only 48% of the studies. Although there is no clear relationship between P levels in soil and worm populations, it is important for earthworm metabolism: earthworm tissue has about 0.5% P (Paoletti et al., 2003), and this element is an essential component of ATP, and hence for earthworm activity levels.

Soil OM content, although well known to positively affect soil quality (Sparling et al., 2008) and animal life in soils (Lavelle e Spain, 2001), is not often included in routine soil analyses. Only 32% of the studies provided soil C values. Soil C is especially important for earthworm populations (Lavelle et al., 1981, 2001), and many studies e.g., (Fragoso et al., 1993; Brown et al., 2003), have shown positive relationships between soil OM content and earthworm abundance, mainly because it constitutes the major energy source for earthworm metabolism (Martin et al., 1992). Endogeic earthworm species, the most common in Brazil, must ingest large amounts of soil due its generally low C content, and have also developed a mutualistic digestion system with bacteria in the gut to help them increase assimilation of the ingested organic materials (Lavelle et al., 1995).

Only 14 % of the studies provided soil N values, and this was the least reported soil attribute. This is probably because total N estimates are not included in routine soil analyses in Brazilian labs, and because its measurement is laborious (both Kjehldahl and combustion methods) and therefore expensive. The earthworm's tissues have high proportions of nitrogen, in general about 70% of protein in the dry matter (Paoletti et al., 2003), even though the abundance of this element in soil is low. Clearly, this is an essential element for earthworm populations in soils, although relationships between soil N and earthworms have not been frequently established (Huerta et al., 2005, 2007).

Soil texture is important factor for earthworm activity since it determines, to a large extent, overall soil C content and water retention in different pore sizes. The

presence and preference of many lumbricid earthworm species for various soil textures were studied by (Guild, 1948), but very little information is available for Brazilian species (Steffen, 2012). Furthermore, soil texture was provided in only 41% of the studies and the specific clay, sand and silt contents were only given in 36-39% of the them. Stony or very coarse sandy soils may restrict earthworm populations (Guild, 1948), mainly by their low water retention capacity, but also due to the sensitive nature of the earthworm's epidermis that may be damaged by sand quartz crystals. At the other end of the textural triangle, heavy clay soils have a higher tendency to compaction and problems with macroporosity, which can hinder soil displacement and ingestion by burrowing earthworms (Klok et al., 2007). Furthermore, clayey soils often have lower water infiltration rates and higher runoff, factors that can negatively affect water availability in the profile. Finally, under more intense rainfall, these soils could become flooded, particularly in flatlands, complicating gas exchanges and earthworm respiration.

Soil moisture is an extremely important factor for earthworm survival (Lee, 1985; Edwards, 1994), since their bodies have >80% H₂O (Caballero, 1979; Ayres e Guerra, 1981) and they breathe through the skin and need to maintain their external surfaces continuously moist. However, this attribute was reported in only 17% of the publications evaluated. The ideal soil moisture content for earthworms differs from one species to another and from one soil to another. Hence, gravimetric soil moisture measurements must be related to soil texture and compared with overall water holding capacity. Lavelle et al., (1987), for instance, found that the ideal soil moisture values for optimum development of *P. corethrurus* were all well above field capacity (35% H₂O) in a Mexican clay loam (31% clay, 40% sand) soil. Unfortunately, very little is known regarding soil moisture preferences of most Brazilian earthworm species, highlighting this as another important topic requiring basic earthworm biology research. For instance, 33 of 40 species from Central Amazonia were found only next to water bodies, while 10% were from upland sites, and presumably more resistant to soil moisture variations (Ayres e Guerra, 1981).

Hydrophylic species such as most representatives of the Ocnerodrilidae, Sparganophilidae, Almidae and Criodrilidae families (Righi, 1997), as well as some members of the Glossoscolecidae, Rhinodrilidae and Acanthodrilidae families (Ayres e Guerra, 1981; Gavrilov, 1981; Barrion e Litsinger, 1997; Bartz et al., 2012) live in

saturated soils with low oxygen pressure. On the other hand, upland terrestrial endogeics have variable ability to survive inundation and anoxia and tend to be more resistant to desiccation and drier soil conditions (Caballero, 1979; Ayres e Guerra, 1981).

2.6 FINAL REMARKS AND RECOMMENDATIONS FOR STANDARDIZATION

Studies relating earthworms to environmental and soil factors must consider the multivariate nature of soil and evaluate a minimum set of attributes that are important determinants of their populations in terrestrial ecosystems. Unfortunately, few publications simultaneously provide a wide range of soil and environmental attributes, and details are needed on the collection site, particularly climate, vegetation and soil type and geographical coordinates. With at least the latter, additional information (secondary data) on the site can be posteriori obtained, although primary data is preferred.

Considering all studies, most soil attributes were determined in less than 50% of the cases. The lack of these data in this review may be due to several factors, such as:

- the inclusion of publications from conference proceedings (representing about 30% of the studies), that normally restrict length of text, and therefore details on sites and methods;
- studies with different approaches, in many cases not aiming at the use of earthworms as environment bioindicators;
- the sampling of overall macrofauna, and not just earthworms, resulting in data having a broader focus and/or on other soil fauna groups;
- the absence of a soil analysis laboratory at the authors' institution.

Routine soil analysis is not exorbitantly costly and can easily be incorporated into a project budget and into studies that contemplate earthworm population assessments. Furthermore, it is not difficult to obtain a good, representative, composite soil sample from the sample site for routine soil analysis, and this would be enough to adequately describe the soil chemical and physical environment as an earthworm habitat. Although more complete soil sampling (e.g., greater replication

and ability to assess deviations) and analysis are ideal, we recommend that future studies aimed at evaluating earthworm populations measure at least pH, Ca, Mg, K, P, C and N (by combustion), and texture (% sand, silt, clay), from at least a single composite soil sample.

Earthworm species identification depends on advanced morphological knowledge of this taxon, and in many cases proper identification will only be possible by a taxonomist. There are few specialists in the world that can identify Brazilian earthworm species, and only one of them lives in Brazil (M. Bartz). When identification of the material is not possible, care should be taken to preserve the collected species correctly, and to contact an institution that can receive and permanently store the material (e.g., a museum collection), so that it can later be identified (if possible) and so that it is not lost or damaged by improper conservation conditions.

Geographic coordinates should be obtained using a GPS device, but in its absence, many cell phones today are able to do this, and moreover this information can also be later obtained using online software (e.g., Google Earth® or Maps®). However, sampling date and specific information on the vegetation cover and soil management are essential to determine climatic and biotic/anthropogenic effects on earthworm populations.

Data on earthworm abundance and biomass measured at each site and/or individual treatment type should be reported in a table in the results section of the publication, or else as an annex to the paper. Data should not be presented only in figures (unless individual is also provided in supplementary tables), as means per set of treatments, or as part of larger “groups” of soil animals (e.g., detritivores or engineers), because in this manner earthworm data become much more difficult or impossible to obtain. When earthworms are being studied together with the rest of the soil macrofauna, we suggested that the data on all animal taxa be presented in a table, either in the main text or in an annex. Finally, we suggest a preliminary rapid sampling at the site, before undertaking intensive sampling, to reveal the size of earthworms present and the depth of their activities and to determine the adequate soil volume and intensity for sampling.

These suggestions for data collection are valid not only for earthworm sampling, but also for most other soil macrofauna, and should facilitate

standardization of the information provided in publications, and comparability between/among them. Considering the growing scientific body in soil zoology, the expanding interest in soil biology/biodiversity and the potential use of earthworms as soil and environmental quality indicators, we expect many new studies will be performed on the topic in the coming decades. We are also aware that financial and human resource restrictions often limit sampling efforts and data collection. However, care must be taken in order to optimize the efforts by selecting not only the attributes that will properly answer the questions proposed in the study, but also allow use of the data and derived publications in future studies and comparisons. In the present paper we provide guidelines for minimum data collection required in order to achieve longer “sustainability” and usefulness of research publications on earthworm populations in Brazilian ecosystems, although we believe they will also be useful for studies performed in other ecosystems throughout the world.

2.7 REFERENCES

- ABE, A. S.; BUCK, N. Oxygen uptake of active and aestivating earthworm *Glossoscolex paulistus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 81A, n. 1, p. 63–66, 1985.
- ALBERTON, J. V.; FILHO, L. C. I. de O.; VIAPIANA, C. M.; BIANCO, V. D.; MIQUELLUTI, D. J.; SANTOS, J. C. P. **Macrofauna do Solo em Áreas Reconstruídas após Mineração de Carvão**. Fertbio. **Anais**. Guarapari - ES: 2010
- ALMEIDA, M. V. R. de; OLIVEIRA, T. S. de; BEZERRA, A. M. E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1080–1087, 2009.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ALVES, M. V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta**. [Dissertação]. Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2007.
- ALVES M. V. **Propriedades físicas do solo e oligochaetas em diferentes sistemas de uso da terra no alto Solimões – AM**. [Tese]. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras; 2011.

ALVES, M. V.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; WILDNER, L. do P.; MANFROI, A. **Macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo.** *Fertbio, Anais*, Rio de Janeiro – RJ, 2002.

ANDERSON, J.; INGRAM, J. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods.** 2 ed. ed. Wallingford: CAB International, 1993. v. 1.

ANDRÉA, M. M. de. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 95–107, 2010.

AQUINO, A.M. de; DIONÍSIO, J. A.; RESSETTI, R, R.; CORREIA, M. E. F.; NUNES, D. H.; PASINI, A. **Minhocas, Aspectos Gerais e Ecológicos em Sistemas Agrícolas.** Documentos 207. Seropédica-RJ; 2005.

AQUINO, A. M. de, RICCI, M. dos S; PINHEIRO, A. dos S. **Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF.** *Fertbio, Anais*, Santa Maria – RS, 2000.

ARAÚJO A. O. **Avaliação de Propriedades Físicas dos Solos e da Macrofauna Edáfica em Áreas Submetidas a Manejo Florestal de Vegetação Nativa na Chapada do Araripe.** [Dissertação]. Fortaleza -CE: Universidade Federal do Ceará; 2010.

ARAÚJO, V. F. P.; BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 737–746, 2010.

ARAÚJO, Y. M. & LUIZÃO, F. J. **Populações de minhocas em experimento de manipulação de liteira em solos de capoeira na amazônia central.** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Uberlândia - MG: 1999.

AYRES, I.; GUERRA, R. T. Água como fator limitante para minhocas (Annelida, Oligochaeta) da Amazonia Central. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 1, p. 77–86, 1981.

AZEVEDO, P. T. M.; BROWN, G. G.; BARETTA, D.; PASINI, A. & NUNES, D. H. Populações de minhocas amostradas por diferentes métodos de coleta (elétrico, químico e manual) em ecossistemas da região de Londrina, Paraná, Brasil. in **Uso de las lombrices de tierra como bioindicadoras ambientales: principios y prácticas** 79–93 (2010).

AZEVEDO, V. F. de; LIMA, D. A. de; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de & SANTOS, H. P. dos. **Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto médio do Rio Grande do Sul.** *Fertbio. Anais...*Santa Maria - RS: 2000.

BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 191–204, 1998.

BARETTA, D. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo. [Tese].** Piracicaba - SP: Universidade de São Paulo - ESALQ, 2007.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in atlantic forests with Araucaria angustifolia. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 384–392, 2007.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L.; WILDNER L. do P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97–106, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna Edáfica e Qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 119–170, 2011.

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; BARTZ, M. L. C. **Riqueza de espécies de minhocas em Sistema de Uso do Solo em Santa**. 25º Seminário de Iniciação Científica. **Anais...Universidade do Estado de Santa Catarina**, 2013

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; LUCIANER, E.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; SIMIONI, F. J.; PAIANO, D.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. do P.; VEIGA, M. da. **As minhocas e suas relações com atributos físico-químicos no Oeste e Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina**. 3º SEPE (Simpósio de ensino, pesquisa e extensão - CEO/UDESC). **Anais...2013b**

BARRIGOSI, J. A. F.; BROWN, G. G.; PEDRETTI JR, C. **Minhocas em arroz irrigado: pragas ou benéficas?** 6º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. **Anais...Porto Alegre - RS: 2009**

BARRION, A. T.; LITSINGER, J. A. Dichogaster nr. curgensis Michaelsen (Annelida: Octochaetidae): An earthworm pest of terraced rice in the Philippine Cordilleras. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 89–93, 1997.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273–280, 2003.

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

BARROS, M. E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. **Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central**. Congresso Latino-Americano de Ciências do Solo. **Anais...Piracicaba - SP: 1996**

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. D. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928–933, 2009.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; MELLO, I.; BORTOLUZZI, J.; TAMIOZZO, T.; PILECCO, O. P.; LUTZ, R. A. de T. **Minhocas como bioindicadores de qualidade do sistema plantio direto na palha**. 4º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas. **Anais...Curitiba - PR: 2010**

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; LIMA, A. C. R. de, GASSEN, D. N. As minhocas e o manejo do solo: o caso do plantio direto do arroz irrigado. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 4–8, 2009.

BARTZ, M. L. C.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; BROWN, G. G. New earthworm species of *Glossoscolex* Leuckart, 1835 and *Fimoscolex* Michaelsen, 1900 (Clitellata: Glossoscolecidae) from Northern Paraná, Brazil. **Zootaxa**, v. 3458, p. 59–85, 2012.

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.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworm richness, abundance and biomass in different land use systems in northern Paraná, Brazil (Oligochaeta). In: **Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta)**. Palmeira do Faro – Portugal, p. 59–73.

BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797–809, 2014.

BATISTA, I. **Atributos Edáficos e Fauna do Solo em Áreas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Cerrado, Mato Grosso do sul. [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011

BENAZZI, E. DOS S. **Produtividade, Fertilidade e Fauna do Solo em um Argissolo Amarelo Cultivado com Cana-de-Açúcar sob Diferentes Sistemas de Colheita [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre a macrofauna invertebrada do solo. [Dissertação]**. [s.l.] Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2002.

BENITO, N. P. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo em áreas agrícolas de jaguapitã - PR. [Tese]**. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2005.

BENITO, N. P.; BOBILLIER, B.; BROSSARD, M.; PASINI, A. Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no Cerrado. **CD soil pastures**, n. 1, p. 1–5, 2000.

BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. D. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**. v. 40, p.147–154, 2004.

BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. D. F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em latossolo vermelho utilizando parâmetros biológicos , físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 473–484, 2008

BENTO, M. A. B. **Avaliação Da Qualidade Dos Substratos Minerados Em Cinco Cascalheiras Revegetadas No Distrito Federal. [Dissertação]**. Brasília – DF: Universidade de Brasília; 2009.

BIANCHI, M. O.; AQUINO, A. M.; ALMEIDA, E. **Distribuição vertical da macrofauna do solo em várias safras do milho agroecológico em área do produtor familiar**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Gramado - RS: 2007**

BIANCHI, M. de O. **Avaliação da Funcionalidade do Solo em Sistemas Florestais Enriquecidos com Leguminosas. [Dissertação]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

BLANCHART, E.; BERNOUX, M.; SARDA, X.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M.; DOUZET, J-M.; SCOPEL, E.; FELLER, C. Effect of Direct Seeding Mulch-Based Systems on Soil Carbon Storage and Macrofauna in Central Brazil. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 72, n. 1, p. 81–87, 2007.

BRAGA, D. P. P. **Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas , em São Félix do Xingu. [Dissertação]**. Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2015.

BRIGANTE, J. **Comparação de Algumas Comunidades de Macrofaunae Microrganismos de Solo, Encontradas em Áreas de Mata e Pastagens, em um Latossolo. [Tese]**. São Carlos – SP: Universidade Federal de São Carlos; 2000.

BRIONES, M. J.; SCHMIDT, O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 12, n. 10, p. 3218–3221, 2017.

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 and Biochemistry**. V. 40, p. 554–557, 2008.

BRITO, M. F. de.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; da SILVA, R. F. & MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253–260, 2016.

BROSSARD, M.; FREGONEZI, G. A. de F.; GUIMARÃES, M. de F.; MEDINA, C. de C.; PASINI, A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Analysis of an illustrative interaction between structural features and earthworm populations in Brazilian ferralsols. **Comptes Rendus - Geoscience**, v. 344, n. 1, p. 41–49, 2012.

BROWN, G.G; BAROIS, I; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, p. 177–198, 2000.

BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. D. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764–771, 2003b.

BROWN, G. G.; DOMINGUEZ, J. **Uso da minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas - O 3º encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas**. México: 2010, v. 26

BROWN, G. G. & JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. 1ª ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 397–402.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine, and invasive earthworms in Brazil: Diversity, distribution, and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 339–358, 2006.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, É. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELINI, G.; TORRES, E. Avaliação de populações de minhocas (Annelida: Oligochaeta) em sistemas agrícolas e naturais, e seu potencial como bioindicadores ambientais. In: Saraiva O. F, organizador. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2003. Manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. DOCUMENTOS 253**. 1. ed. Londrina-PR: 2004, p. 33–46.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo-SP e Adrianópolis. **DOCUMENTOS 184 - Embrapa**, 2009.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S.; NADOLNY, H.; CARDOSO, G.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da, ANTONIOLLI, Z. I.; DECÃENS, T.; LAVELLE, P.; CARVALHO, J. P. S. F. Biodiversidade da Fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: Parron LM, Garcia JR, Oliveira EB, Brown GG, Prado RB, organizadores. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1º ed Brasília-DF: Embrapa; 2015. p. 122–154.

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N, P.; AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. **Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis**. Montreal Symposium. **Anais...**Montreal - Canada: 2001

BUCH, A. C.; CORREIA, M. E. F.; TEIXEIRA, D. C.; SILVA-FILHO, E. V. Characterization of soil fauna under the influence of mercury atmospheric deposition in Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 32, n. 2006, p. 217–227, 2015.

CABALLERO, M. E. L. S. Bionomia de Oligochaeta Terrestres da Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 762–765, 1975.

CABALLERO, M. E. S. **Bionomia dos Oligochaeta terrestres da região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo**. [Tese]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 1973.

CABALLERO, M. E. S. Influência dos fatores hídricos sobre a biomassa de *Pheretima hawayana* e *Pontoscolex corethrurus* (Annelida, Oligochaeta). **Zoo Intertrópica**, v. 2, p. 1–11, 1979.

CAMARGO, F. F.; SANTOS, A.; XARÃO, G. B.; NADOLNY, H.; ASSUNÇÃO, R. R.; NEGRETTI, T. F. M.; NEGRETTI, B. D.; FROUFE, L. C. M.; BROWN, G. G. **Comunidades de Minhocas em diferentes tipos de uso do solo localizados na Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira- MG**. ELAETAO 5. **Anais...**Curitiba – PR: 2014

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG**. [Tese]. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras; 2016.

CAMPOS, B. C. de; PESSOA, A. C. S.; FIGUEIREDO, L. G. B.; GOY, C.; VOGT, A. I.; NEUSSER, C.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. **Estudo da mesofauna do solo em espécies vegetais antecedendo milho no sistema de plantio direto**. 24º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Rio de Janeiro – RJ, 1997

CARDOSO, G. B. X.; NADOLNY, H.; FEIJOO, A.; BROWN, G. G. Earthworm population in an altitudinal gradient of the coastal Atlantic Rainforest in Paraná State southern Brazil (Oligochaeta). In: PAVLÍCEK, T. et al. (Eds.). . **6th International Oligochaeta Taxonomy Meeting**. Palmeira do Faro-Portugal: Kasperek Verlag, Germany, 2014, v. 1, p. 74–86.

CARTER, G. S.; BEADLE, L. C. The fauna of the swamps of the Paraguayan chaco in relation to its environment - Respiratory adaptation in the Oligochaeta. **Linnean Society's Journal - Zoology**, v. 37, n. 253, p. 379–386, 1931.

CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos. [Tese]**. Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas; 2010.

CORDEIRO, F.; DIAS, F. D. C.; MERLIM, A. do; CORREIA, M. E.; AQUINO A. M. de; BROWN, G. Diversidade da Macrofauna Invertebrada do Solo como Indicadora da Qualidade do Solo em Sistema de Manejo Orgânico de Produção. **Revista Universitaria Rural**, v. 24, n. 2, p. 29–34, 2004.

CORDERO, E. H. Oligoquetos Sudamericanos de la Familia Glossoscolecidae II: Dos Nuevas Especies de Rhinodrillus Del Nordeste Del Brasil. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 6, 1943.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1435–1443, 2010.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. DE. Fauna de Solo: aspectos gerais e metológicos. **Documentos 112**, v. 1, n. 1, p. 46, 2000.

CORREIA, M. E. F.; LIMA, D. A.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. & TAVARES, S. R. L. **Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224. **Anais...Seropédica-RJ: Embrapa**, 2003.

CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. **Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ**. O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224. **Anais...Londrina - PR: Embrapa Soja**, 2003b

COSTA, P. da, COSTA, M. I. da S.; AMARAL, M. da C.; JÚNIOR, M. M. **Macrofauna edáfica em sistemas agroflorestais e outros sistemas de uso da terra em Roraima - Resultados iniciais. Comunicado Técnico 18**. Boa Vista - RR: Embrapa, 2004.

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

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brasil. In: **Soil & Tillage Research**. p. 253–263, 1986.

DIAS, A. M.; SILVA, R. F. da; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. **Caracterização da macrofauna invertebrada do solo sob diferentes fitofisionomias do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Fertbio. **Anais...Bonito - MS: 2006**

DIAS, P.; SOUTO, S.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. de M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 37, n. 1, p. 38–44, 2007.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. D. M.; FRANCO, A. A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 41, p. 1015–1021, 2006b.

DIAS, V. S.; BROSSARD, M. & ASSAD, M. L. L. **Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de Cerrados**. III Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...Brasília-DF: 1997**

EDWARDS, C. A. **Earthworm Ecology**. 2^a ed., CRC Press, 1994.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de solo [DOCUMENTOS 132]**. 2^a ed. Rio de Janeiro - RJ: Embrapa Solos, 2011.

FAO. **Guidelines for Soil Description**. 1. ed. Rome - Italy: FAO, 2006. v. 1

FERNANDES, J. de O. **Minhocas como indicadores ambientais em ecossistemas agrícolas. [Dissertação]**. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina; 2009.

FERNANDES, J. O.; UEHARA-PRADO, M.; BROWN, G. G. Minhocas exóticas como indicadoras de perturbação antrópica em áreas de Floresta Atlântica. **Acta Zoológica Mexicana**, v. Número Esp. 2, p. 211–217, 2010.

FERREIRA, S. de A. **Avaliação visual da estrutura e macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo no subtropical brasileiro. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2015.

FERREIRA, C. dos R.; CORREIA, M. E. F.; REZENDE, A. S. de & OLIVEIRA, R. S. de. **Composição da macrofauna do solo em dois fragmentos florestais no município de Itaboraí - RJ**. Fertbio. **Anais...Maceió - AL: 2012**

FILHO, L. C. L. de O. **Produção de Alface e Rabanete, sob Adubação Orgânica em Ambiente Protegido. [Dissertação]**. Pelotas - RS: Universidade Federal de Pelotas, 2009

FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; GONZÁLEZ, C.; ARTEAGA, C.; PATRÓN, J. C.; Relationship between earthworms and soil organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. In: Mulongoy, K.; Merckx, R. (Eds.). . **Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture**. 1. ed. Leuven: 1993, p. 231–239.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PASINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J. R. da; FRANÇA, C.; CARRARA, R. **Abundância e diversidade da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no Arenito Paranaense**. Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa. **Anais...**Brasília-DF: 2009

FRANCO, A. L. C.; BARTZ, M. L. C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; WALL, D. H.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. **Science of the Total Environment**, v. 563–564, p. 160–168, 2016.

FREITAS, M. P. **Flutuação populacional de oligochaeta edáficos em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2007.

FRUND, H.-C. F.; GRAEFE, U.; TISCHER, S. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. In: KARACA, A. (Ed.). . **Biology of Earthworms**. Berlin: Springer, 2011. v. 24p. 261–278.

GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S. H.; RODRIGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Eds.). . **Aquatic biota of tropical South America. Part 2: Anarthropoda**. San Diego: San Diego State University, 1981. p. 170–190.

GIRACCA, E. M. N.; ELTZ, F. L. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; WENDLING, A.; VENTURINI, E. F. **Macrofauna em solo sob plantio direto com diferentes doses de calcário**. Reunião Brasileira de Ciência do Solo. **Anais...**Cuiabá-MT: 2005

GOIS, D. T. de; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; PRANDO, A. M.; TOLEDO, G. C. de; SOUZA, D. G. de. **Avaliação da macrofauna edáfica em áreas de reflorestamento de pinus com diferentes tipos de uso , no Litoral Catarinense**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Gramado-RS: 2007

GORTE, T. **Qualidade do solo em sistema plantio direto [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Positivo; 2016.

GUERRA, R. T.; SILVA, E. G. DA. Estudo das comunidades de minhocas (Annelida, Oligochaeta) em alguns ambientes terrestres do Estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 9, n. 2, p. 209–223, 1994.

GUERRA, R. T. Earthworm Activity in Forest and Savanna Soils Near Boa Vista, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 3, p. 303–308, 1994a.

GUERRA, R. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593–601, 1994b.

GUILD, W. J. M. **Studies on The Relationship Between Earthworms and Soil Fertility - The Effect of Soil Type on the Structure of Earthworm Populations**. 1948, v. 35

HARADA, A. Y.; BANDEIRA, A. G. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 1/2, p. 103–118, 1994.

HIPÓLITO, A. W.; SCHIAVON, G. DE A.; CARDOSO, J. H. **Análise de diversidade da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais**. 9º Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...Belém - PA: 2015**

HUERTA, E.; DIOS, D. DE LA O.-D.; NUNCIO, G. Incremento de la fertilidad del suelo mediante el uso de lombrices de tierra (Glossoscolecidae y Acanthodrilidae) y leguminosas (*Arachis pintoi*) en un suelo de traspatio. **Ciencia Ergo Sum**, v. 14, n. 2, p. 172–176, 2007.

HUERTA, E.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Enhancement of growth and reproduction of the tropical earthworm *Polypheretima elongata* (Megascolecidae) by addition of *Zea mays* and *Mucuna pruriens* var. utilis litter to the soil. **European Journal of Soil Biology**, v. 41, n. 1–2, p. 45–53, 2005.

IBGE. **Biomass Brasileiros**. Brasília; 2004.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2º ed. 2012.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2ª. Rio de Janeiro - RJ; 2007.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Brasília - DF; 2015.

JARDEVESKI, R.; SILVA, V. P. DA. Minhocas em uma Pastagem Arborizada na Região Noroeste do Estado do Paraná, Brazil. **Boletim de Pesquisa Florestal - Embrapa Florestas**, v. 51, n. 1, p. 17–31, 2005.

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**, v. 42, n. SUPPL. 1, p. 225–230, 2006.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373–386, 1994.

JOUQUET, P.; BLANCHART, E.; CAPOWIEZ, Y. Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. **Applied Soil Ecology**, v. 73, p. 34–40, 2014.

JUNIOR, J. B. T. **Manual para interpretação de análise de solo**. Editora Agropecuária, 1997.

KEMPER, B.; DERPSCH, R. **Estudos sobre susceptibilidade dos solos a erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná**. 3º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. **Anais...Recife - PE**: 1981

KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 1, n. 1, p. 253–267, 1980.

KLENK, L. A. **Macrofauna Invertebrada Edáfica em Pastagem com Pastoreio Rotativo Sob Diferentes Preparos Orgânicos Em Condições Subtropicais no Sul Do Brasil**. [Dissertação]. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2010.

KLOK, C.; FABER, J.; HEIJMANS, G.; BODT, J.; VAN DER HOUT, A. Influence of clay content and acidity of soil on development of the earthworm *Lumbricus rubellus* and its population level consequences. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, n. 5, p. 549–556, 2007.

KNAPPER, C. F. U.; PORTO, R. P. Ocorrência de Oligoquetas nos solos do Rio Grande do Sul. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 1, n. 1, p. 137–166, 1979.

KORASAKI, V.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; MATSUMURA, C. **Avaliação das populações de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e no Leste do Estado do Paraná**. **Documentos 296 - Embrapa**. 2008; 20–29.

KORASAKI, V.; BROWN, G. G.; PASINI, A. **Biodiversidade e Populações de Minhocas em Três Fragmentos de Mata Atlântica com Diferentes Níveis de Perturbação em Londrina, Paraná, Brasil**. 3º Encontro Latino-Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas. **Anais...Curitiba - PR**: 2007

KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 23, n. 1, p. 21–26, 1993

LAOSSI, K-R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; CAROLINA RENDEIRO, A.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**. v. 51, p. 397–407, 2008.

LAVELLE, P. **Assessing the abundance and role of invertebrates communities in tropical soils: Aims and methods.** (S. I. Ghabbour, R. C. Davis, Eds.) Seminar on Resources of Soil Fauna on Egypt and Africa. **Anais...**Cairo - Egypt: Journal of African Zoology, 1988a

LAVELLE, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. **Biology International**, v. 9, n. 33, p. 3–16, 1996.

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

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J-P. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 53–61, 2001.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, W.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**. v. 33, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P.; CHAUVEL, A. Faunal activity in acid soils. In: **Plant Soil Interactions at Low pH**. 1995, p. 201–211.

LAVELLE, P.; KOHLMANN, B. Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). **Pedobiologia**, v. 27, p. 377–393, 1984.

LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5–6, p. 419–427, 2003.

LAVELLE, P.; LATTAUD, C.; TRIGO, D.; BAROIS, I. Mutualism and biodiversity in soils. **Plant and Soil**, v. 170, n. 1, p. 23–33, 1995.

LAVELLE, P.; MAURY, M. E.; SERRANO, V. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz: Época de lluvias. **Instituto de Ecología de México**, v. 6, p. 75–105, 1981.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil Ecology**. 1. ed. USA: 2001.

LEE, K. E. **Earthworms - Their ecology and relationships with soils and land use**. 1985.

LIMA, A. C. R. DE; BRUSSAARD, L. Earthworms As Soil Quality Indicators : Local and Scientific Knowledge in Rice Management. **Acta Zoologica Mexicana**, n. Numero Esp. 2, p. 109–116, 2010.

LIMA, D. A. de; CORREIRA, M. E. F.; SANTOS, H. P. dos; AQUINO, A. M. de; MANTO, L.; FONTANELI, R. S. **Influência de diferentes sistemas de preparo de solo e rotações de culturas sobre a macrofauna do solo em Passo Fundo, Rio Grande do Sul.** Fertbio. **Anais...**2002

LIMA, D. de; SANTOS, A. M. B. dos; PASINI, A.; BODNAR, A.; GARCIA, A.; OLIVEIRA, A. B. de; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; GOMES, C. R.; SEIXAS, C. D. S.; TORRES, E.; PELIZZARO, E. C.; BROWN, G. G. Produção integrada de Soja. In: Zambolim, L. et al. (Eds.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros.** 1. ed. Brasília - DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. p. 813–848.

LIMA, O. G. de. **Indicadores Físicos, Químicos E Biológicos Da Qualidade Do Solo Em Plantios Florestais E Floresta Ombrófila Mista Na Embrapa Florestas, Colombo-Pr [Dissertação].** Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2011.

LIMA, S. S. de. **Impacto do Manejo Agroflorestal Sobre a Dinâmica de Nutrientes e a Macrofauna Invertebrada nos Compartimentos Serapilheira-Solo em Área de Transição no Norte do Piauí. [Dissertação].** Terezina – PI: Universidade Federal do Piauí; 2008.

LIMA, S. S. de; AQUINO, A. M. de; LEITE, L. F. C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 45, p. 322–331, 2010.

LINS-TEIXEIRA, A.; TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; WANDELLI, E. **Macro-Invertebrados do Solo em Capoeiras Trituradas Usadas Como Alternativa ao Uso do Fogo no Assentamento Tarumã-Mirim.** VIII Congresso De Ecologia Do Brasil. **Anais...**Caxambu - MG: 2007.

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. da; SILVA, D. A. da; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy,** v. 29, n. 1, p. 17–22, 2007.

LUIZÃO, R. C. C.; BARROS, E.; LUIZÃO, F. J.; ALFAIA, S. S. **Soil biota and nutrient dynamics through litterfall in agroforestry system in Rondônia, Amazônia, Brazil.** International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture -Documentos 182. **Anais...**Londrina - PR: Embrapa Soja, 2002

MADEIRA, C. L.; ALVARENGA, M. I. N.; PINHEIRO, L. B. A. **Efeito da produção de fitomassa na fauna de solo sob lavoura cafeeira em sub-bosque de araucária (Araucaria angustifolia L.).** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Uberlândia - MG: 2010

MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. de S.; BAYER, C. **Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava-PR.** XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. **Anais...Cuiabá-MT: 2002.**

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas.** 1. ed. São Paulo - SP: Ed. Agronômica Ceres, 2006. v. 1

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011–1020, 2009.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; JUNIOR, J. de D. G. S.; SÁ, M. A. C. de.; BERGAMACHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de Sistemas Agrícolas nos atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano.** DOCUMENTOS 228 - Embrapa. Planaltina-DF; 2008.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; BENITO, N. P.; SANTOS, B. D. dos. **Macrofauna Edáfica Sob Diferentes Sistemas De Manejo Num Neossolo Quartzarênico Do Cerrado Do Oeste Baiano.** IX Simpósio Nacional Cerrado & II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. **Anais...Parla Mundi - DF: 2008**

MARCHINI, D. de C.; ALVES, M. C.; PINTO, C. C.; OLIVEIRA, C. O. e; FILHO, S. N. S.; ARRUDA, O. G. de; BONINI, C. dos S. B. **Uso da macrofauna como indicador biológico de um Latossolo vermelho em recuperação.** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Uberlândia - MG: 2010**

MARCHIORI, A. C. C. **Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Gengibre (*Zingiber officinale* R.) Consorciado com Leguminosas no Bioma Mata Atlântica em Ubatuba.** [Tese]. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.

MARICHAL, R.; MARTINEZ, A. F.; PRAXEDES, C.; RUIZ, D.; CARVAJAL, A. F.; OSZWALD, J.; DEL PILAR HURTADO, M.; BROWN, G. G.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. **Applied Soil Ecology**. v. 46, p. 443–449, 2010.

MARQUES, D. M.; SILVA, L. M. da. **Macrofauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, no Município de Campos Gerais – MG.** [TCC]. Faculdade de Ciências e Tecnologias de Campos Gerais; 2011.

MARTIN, A.; MARIOTTI, A.; BALESSENT, J.; LAVELLE, P. Soil organic matter assimilation by a geophagous tropical earthworm based on delta 13C measurements. **Ecology**, v. 73, n. 1, p. 118–128, 1992.

MARTIN, N. A. Earthworm biomass: Influence of gut content and formaldehyde preservation on live-to-dry weight ratios of three common species of pasture lumbricidae. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, n. 3, p. 245–250, 1986.

MASCHIO, W. **População de minhocas em plantios de Eucalyptus spp. e efeitos de Pontoscolex corethrurus (Glossoscolecidae) e Amyntas gracilis (Megascolecidae) sobre o crescimento de mudas de Eucalyptus spp. em casa de vegetação. [Dissertação].** Curitiba - PR: Universidade Federal do Paraná; 2012.

MASCHIO, W.; BROWN, G.; SEOANE, C. E. S.; FROUFE, L. C. M. **Abundância e diversidade de minhocas em agroecossistemas da Mata Atlântica nos municípios do Litoral Paranaense - Morretes e Antonina.** Elaetao 4. **Anais...**Curitiba - PR: 2010

MASCHIO, W.; VEZZANI, F. M.; BROWN, G. G. Earthworm populations in Eucalyptus spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). In: **Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta)**. p. 114–126, 2014.

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

MENDES, R. R.; GOI, S. R.; AZEVEDO, R. A. B. DE. **Densidade de minhocas em sistema agroflorestal manejado com leguminosas fixadoras de nitrogênio.** Fertbio. **Anais...**Guarapari - ES: 2010

MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. D. M.; COUTO, W. H.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, I. P. de. Macrofauna Edáfica em Estádios Sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e Pastagem Mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 1647–1656, 2009.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de Paisagem , Manejo e Atributos do Solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. [Tese].** Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.

MERLIM, A. D. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. de. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 57–61, 2005.

MERLIM, A. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP. [Dissertação].** Piracicaba - SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005.

MOTTA, A. C. V.; MELO, V. DE F. Química dos solos ácidos. In: MELO, V. DE F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e Mineralogia do Solo - Parte II - Aplicações**. 1. ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 313–371.

MOURA, E. G.; AGUIAR, A. das C. F.; PIEDADE, A. R.; ROUSSEAU, G. X. Contribution of legume tree residues and macrofauna to the improvement of abiotic soil properties in the eastern Amazon. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 91–99, 2014.

MYERS, N.; MIITTERMEIER, R. A.; MIITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.

NUNES, D. H. **Espécies de minhocas em ecossistemas degradados de jaguapitã – PR. [Dissertação]**. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina; 2006.

NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental. Um estudo de caso na região de Jaguapitã, PR, Brasil. In: George G. Brown; Carlos Fragoso (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. 1. ed. Londrina - PR: Embrapa Soja, 2007. p. 467–480.

OLIVEIRA, C. C. de. **Inferência ambiental do sombreamento da araucária (Araucaria angustifolia L.) na lavoura cafeeira. [Dissertação]**. Itajubá - MG: Universidade Federal de Itajubá, 2012.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; ARAUJO, H. S. de. **Cultivo de mandioca em plantio direto e sua influência na dinâmica da biota do solo e na produtividade da cultura**. Fertbio. **Anais...Rio de Janeiro - RJ: 2002**

PAOLETTI, M. G.; BUSCARDI, E.; VANDERJAGT, D. J.; PASTUSZYN, A.; PIZZOFERRATO, L.; HUANG, Y-S.; CHUANG, L-T.; MILLSON, M.; CERDA, H.; TORRES, F.; GLEW, R. H. Nutrient content of earthworms consumed by Ye’Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 270, n. May 2002, p. 249–257, 2003.

PASINI, A.; FONSECA, I. C. B.; BROSSARD, M. & GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MG, Brasil. In: **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224**. Londrina - PR: Embrapa, 2003.

PASQUALIN, L. A. **Influência Da Vinhaça E Do Método De Colheita Sobre a Macrofauna Edáfica Na Cultura Da Cana – De – Açúcar. [Dissertação]**. Biologia (Bratisl). Curitiba - PR: Universidade Federal do Paraná; 2009.

PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina:Ciencias Agrarias**. v. 33, p. 7–18, 2012.

PEIXOTO, R. T. G.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um Latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti- PR. **Revista Plantio Direto**, 1996.

PEQUENO, P. L. de L.; ALMEIDA, C. M. V. V. de; MULLER, M.; LOCATELLI, M.; AMARAL, A. M. do; ARAÚJO, I. P. de. **Fauna edáfica em área degradada submetida a recuperação utilizando intercultivo cacau x coco em Rondônia**. 30 Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife - PE: 2004**

PEREIRA, J. D. M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo [Tese]**. Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2012.

PEREIRA, R. D. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA Cruz das Almas – Bahia. **Magistra**. v. 24, p. 63–76, 2012.

PEZARICO, C. R.; LOPES, S. de M.; SILVA, R. F. da; RANGEL, M. A. S.; MERCANTE, F. M. Biodiversidade da macrofauna em solo cultivado com milho em sistemas de manejo orgânico e plantio direto. **Agricultura Orgânica**, 2003.

PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H. **Estudo preliminar sobre a ocorrência de macrofauna em solos submetidos à cafeicultura orgânica, pastagem e floresta**. Fertbio. **Anais...Rio de Janeiro - RJ: 2002**.

PIMENTEL, M. S.; CARVALHO, R. S.; MARTINS, L. M. V.; SILVA, A. V. L. da; Seasonal response of edaphic bioindicators using green manure in Brazilian semi-arid conditions. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 42, p. 829–836, 2011a.

PIMENTEL, M. S.; DE-POLLI, H.; AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ROUWS, J. R. C. Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, p. 546–553, 2011b.

PIMENTEL, M. S. **Indicadores da Qualidade do Solo em Sistema Orgânico de Café, Hortaliça, Pasto e Floresta, durante as Estações do Ano. [Tese]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2005.

PODGAISKI, L. R.; DE SOUZA MENDONÇA, M.; PILLAR, V. D. O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: O que, como e por quê? **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 835–853, 2011.

POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B. dos; BIASI, J. P.; SIQUEIRA S de F.; ROSA, M. G. da; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, Santa Catarina - Brasil. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 42–51, 2016.

PONTES, T. M. **Estoques de biomassa e de nutrientes de pousios enriquecidos com Inga edulis Martius em áreas com histórico de agricultura e de pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim, Manaus- AM. [Dissertação]**. Manaus – AM: Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas - INPA; 2009.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F. da; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, p. 1310–1320, 2011.

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

REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; MODRZYNSKI, J.; MROZINSKI, P.; HOBBIÉ, S. E.; EISSENSTAT, D. M.; CHOROVER, J.; CHADWICK, O. A.; HALE, C. M.; TJOELKER, M. G. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: A common garden test with 14 tree species. **Ecology Letters**, v. 8, p. 811–818, 2005.

RESSETTI, R. R.; DIONÍSIO, J. A.; MOTTA, A. C. V. Comparação entre doses de alil isotiocianato e a solução de formaldeído na extração de minhocas. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 25–33, 2008.

RESSETTI, R. R. Abundance, Biomass and Species of Earthworm in Ecosystems of Urban Areas. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1–2, p. 61–66, 2006.

REYNOLDS, J.W., JORDAN, G. A preliminary conceptual model of Megadrile activity and abundance in the haliburton highlands. **Megadrilologica**, v. 2, n. 2, p. 1–11, 1975.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999.

RICCI, M. dos S. F.; AQUINO, A. M. de; SILVA, E. M. R. da; PEREIRA, J. C.; REIS, V. M. Transformações biológicas e microbiológicas ocorridas no solo de um cafezal convencional em conversão para orgânico. **Comunicado Técnico - Embrapa, Seropédica-RJ**, v. 1, n. 31, p. 1–10, 1999.

RIGHI, G. **Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor**. 26º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Rio de Janeiro - RJ: CD-Rom, 1997

ROCHA, E.; TESTA, M.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; BARETTA, D. **Minhocas em Três Regiões do Oeste Catarinense**. 34º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Florianópolis - SC: 2013

RODRIGUES, K. de M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M. de. **Efeitos do manejo do solo e sucessão de culturas na abundância e na dieta da minhoca, *Pontoscolex corethrurus*, por marcação isotópica**. **Fertbio. Anais...**Lages-SC: 2004

RODRIGUES, K. M.; BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; SANTOS, H. P. **Efeito do Preparo do Solo e da Rotação de Culturas Sobre a Macrofauna do Solo**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife - PE: 2005**

RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; DIDDEN, W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 62, n. 2, p. 249–65, out. 2005.

RÖMBKE, J.; MELLER, M.; GARCÍA, M. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forests and a polyculture forestry plantation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 518–522, 1999.

RÖMBKE, J.; SCHMIDT, P.; HÖFER, H. The earthworm fauna of regenerating forests and anthropogenic habitats in the coastal region of Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1040–1049, 2009.

RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P.; SCHOUTEN, T.; RIEPERT, F. Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. SUPPL. 1, p. 61–64, 2006.

ROSSI, J. P.; MATHIEU, J.; COOPER, M.; GRIMALDI, M. Soil macrofaunal biodiversity in Amazonian pastures: Matching sampling with patterns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 8, p. 2178–2187, 2006.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de. Earthworm ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no fire agri ecosystems from eastern brazilian amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 117–134, 2010.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. de. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 4, p. 499–512, 2014.

SANTOS, D. P.; SANTOS, I. L. dos; SOUZA, T. R. S. de; JUNIOR, J. P. da S.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L. **Macrofauna edáfica sob sistemas de manejo em Latossolo do Cerrado piauiense**. 34º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Florianópolis - SC: 2013**

SANTOS, D. P.; SCHOSSLER, T. R.; SANTOS, I. L. dos; MELO, N. B.; SANTOS, G. G. Soil macrofauna in a Cerrado / Caatinga ecotone under different crops in Southwestern Piauí State , Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 10, 2017.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115–122, 2008.

SANTOS, J. C. P.; BARETTA, D.; ALVES, M. V.; CARDOSO, E. J. B. **Macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em sistemas de plantio direto e convencional**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife-PE: 2005**

SANTOS, E. DOS; SANTOS, R. C. DOS; MARQUES, R. Macrofauna edáfica na interface solo-serrapilheira e a relação com atributos químicos de um espodossolo sob dois diferentes sistemas de conservação e uso do solo no Município de Paranaguá-PR. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2294–2307, 2015.

SANTOS, E. dos; VARGAS, G. R. de; FILHO, N. R. de M.; BROWN, G. G. Comparação entre diferentes métodos de coleta de minhocas em dois diferentes sistemas florestais. **Scientia Vitae**2, v. 3, n. 12, p. 34–40, 2016.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. De; LUMBRERAS, J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª rev. am. Brasília - DF: Embrapa; 2013.

SATCHELL, J. E. Lumbricidae. In: **Soil Biology**. 1967, p. 259–322.

SCHIAVON, G. D. A.; SCHIEDECK, G.; VIANNA, É. E. S.; SCHWENGBER, J. E. Biodiversidade de minhocas do solo na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa)**, v. 112, p. 1–27, 2009.

SCHIAVON, G. de A. **Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo: Avaliações sob a Ótica Acadêmica e do Conhecimento Local [Dissertação]**. Pelotas – RS: Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SHEPHERD, G.; STAGNARI, F.; PISANTE, M.; BENITES, J. **Visual Soil Assessment**. Rome: FAO 2008.

SILVA, D. C. da; PEREIRA, J. de M.; PINTO, L. V. A.; BARETTA, D. **Fauna Edáfica Como Indicadora De Qualidade Do Solo Em Fragmentos Florestais E Área Sob Cultivo Do Cafeeiro**. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. **Anais...Pouso Alegre - MG: 2014**

SILVA, D. M. M. H. da. **Macrofauna Edáfica, Biomassa Microbiana e Qualidade do Solo em Área Cultivada no Cerrado Amapaense com e Sem Uso do Fogo e Adubação Alternativa. [Dissertação]**. Macapá – AP: Universidade Federal do Amapá; 2009.

SILVA, E. da. **Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol. [Tese]**. Universidade Federal do Paraná / Université Paris-EST; 2010.

SILVA, L. L. G. G. da; RESENDE, A. S. de; DIAS, P. F.; CORREIA, M. E. F.; SCORIZA, R. N. Soil macrofauna in wooded pasture with legume trees. **Ciência Rural**. v. 45, p. 1191–1197, 2015.

SILVA, R. B. da; PEQUENO, P. L. de L.; ALMEIDA, C. M. V. C. de; BATISTA, C. C.; BURAK, S. C.; SOUZA, M. da S.; SOUZA, M. B. L.; BEZERRA, I. L. **Avaliação inicial da fauna edáfica em três classes de solos utilizados com café arborizado em Rondônia.** 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**1994

SILVA, R. F. da; AQUINO A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, E. M. D. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697–704, 2006.

SILVA, R. F. da; OTSUBO, A. A.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M.; ARAÚJO, H. S. de. **Comunidade da macrofauna do solo em sistemas de cultivo de mandioca sob plantio direto e convencional em Mato Grosso do Sul, Brasil.** XV Congresso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. **Anais...**Varadero - Cuba: 2001

SILVA, R. F. da; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, p. 865–871, 2007.

SILVA, R. H. P. da; RODRIGUES, I. P. S.; GUIMARÃES, A. Q. & DRUMOND, M. A. **Comportamento de Construção de Câmara de Estivação por Rhinodrilus alatus e sua Relação com a Pluviosidade.** 5º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas. **Anais...**Curitiba - PR: 2015

SOUZA, M. E. P. de. **Oligochaetas em solos sob sistemas de manejos a pleno sol e agroflorestal e vermicompostagem associada com pós de rochas.** [Dissertação]. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

SPARLING, G.; LILBURNE, L.; VOJVODIC-VUKOVIC, M. **Provisional Targets for Soil Quality Indicators in New Zealand.** Landcare Res. Sci. Ser. 2008.

STEFFEN, G. P. K. **Diversidade de minhocas e sua relação com ecossistemas naturais e alterados no estado do Rio Grande do Sul.** [Tese]. Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria; 2012.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; JACQUES, R. J. S.; Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**. V. 36, n. 2, p. 137-147, 2013.

STOCKDALE, E. A.; WATSON, C. Managing soil biota to deliver ecosystem services. **Natural England Commissioned Report**, v. 1, n. 100, p. 141, 2012.

TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligochaeta edáfico *Amyntas* SPP. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 24, p. 409–415, 2000.

TANCK, B. C. B. **Futuação populacional do Oligochaeta edáfico amyntas spp (Kinberg, 1867) em quatro ecossistemas, através de dois métodos de extração.** [Dissertação]. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 1995.

TAPIA-CORAL, S. C.; VELÁSQUEZ, E.; JAMES, S. W.; LUIZÃO, F. J. **Relações entre Populações de Minhocas (Annelida: Oligochaeta) e Atributos Químicos do Solo em Sistemas Agroflorestais Manejados na Amazônia Brasileira**. ELAETAO 5. **Anais...**Curitiba - PR: 2015

TARRA, I. L. C.; LUIZÃO, F. de J.; WANDELLI, E. V.; TEIXEIRA, W. G.; MORAIS, W. J.; FERNANDES, E. C. M.; BROCHEL, K. V.; PÉREZ, N. V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia central. **Prospectiva**, v. 10, n. 1, p. 6–17, 2012.

TARRÁ, I. L. C. **Relação entre a biomassa dos grupos funcionais da macrofauna e o volume de macro-poros do solo na área de influência de plantas perenes de sistemas agrossilviculturais na Amazônia central**. [Tese]. Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003.

TRIANA, S. P. **Impacto da degradação de florestas ripárias na composição e diversidade da macrofauna do solo**. [Dissertação]. São Luis – MA: Universidade Estadual do Maranhão; 2014.

TROGELLO, E.; GIOVANI, A.; ROBERTO, E. Avaliação da Fauna do Solo em Diferentes Sistemas de Cultivo , Milho Orgânico e Milho em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 1, p. 25–26, 2008.

UZÊDA, M. C.; GARCIA, M. A.; COSTA, J. R. Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. 1º ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 489–495.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105–112, 2013.

VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 43–50, 2012.

VENDRAME, P. R. S. **Relações Entre a Mineralogia, Fertilidade, Acidez E Macrofauna Em Latossolos Do Cerrado Sob Pastagem**. [Tese]. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina; 2008.

VENDRAME, P. R. S.; MARCHÃO, R. L.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. D. F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 996–1001, 2009.

VIANA, R. DE M. **Indicadores de qualidade de solo para avaliação da restauração florestal: estudo de caso UHE Balbina-AM**. [Dissertação]. Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 2012.

VICENTE, N. M. D. F.; CURTINHAS, J. N.; PEREZ, A. L.; PREZOTTI, L. Fauna Edáfica Auxiliando a Recuperação de Áreas Degradadas do Córrego Brejaúba, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 104–110, 2010.

VOSS, M. **População de minhocas em diferentes sistemas de plantioPlantio direto**. Londrina - PR: 1986.

ZAGATTO, M. R. G.; **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa – PR. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2014.

3 CHAPTER II: A ABUNDÂNCIA DE MINHOCAS É UM INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL E DO SOLO NO BRASIL?

3.1 ABSTRACT

Earthworm abundance is frequently related to fertile soils, especially by farmers and gardeners throughout the world. However, there is little data that clearly show this relationship between earthworm density and biomass in a certain location with the nutrient content in soils and its quality. Therefore, the present study combined all data available on earthworm abundance in Brazil, to relate it with different soil, biome, ecosystem and soil types and soil chemical and physical analyses. In the 1482 sampling sites, we observed a large variation in data available on soil, the environment and earthworms. We found a significant effect of climate, biome, soil type and land use system on earthworm abundance. Furthermore, environmental and soil parameters such as temperature, altitude and precipitation, and soil parameters such as pH, H+Al, Ca, P, CEC, C, N, C:N, base saturation and soil texture determined earthworm populations in soils. Overall, warmer and more humid climates (e.g., Af), had higher earthworm abundances, and integrated systems and pastures had more worms than native vegetation and cropping systems. Therefore, earthworm abundance can be used as a soil quality indicator, but greater representability of data on environmental and soil parameters is needed in order to improve the use of earthworms as bioindicators in Brazilian ecosystems.

Keywords: Earthworms 1. Soil 2. Bioindicators 3.

3.2 RESUMO

A abundância de minhocas é frequentemente relacionada com solos mais férteis, especialmente por agricultores e jardineiros ao redor do mundo. Contudo, há poucos dados que mostram claramente a relação entre o número de minhocas ou sua biomassa em determinado local e o teor de nutrientes nos solos e consequentemente sua qualidade. Portanto, o presente trabalho reuniu os dados disponíveis para o Brasil, incluindo diversos tipos de solo, biomas, ecossistemas e atributos químicos e físicos dos solos visando relacionar estes atributos ambientais e edáficos com as populações de minhocas. Nos 1482 pontos de coleta, observou-se grande variação nos dados disponíveis de atributos ambientais, do solo e das minhocas. Observou-se efeito significativo do clima, bioma, tipo de solo e sistema de uso do solo sobre a abundância de minhocas. Além disso, atributos ambientais como temperatura, altitude e precipitação, e atributos edáficos como pH, H+Al, Ca, P, CTC, C, N, C:N, V% e textura foram determinantes da abundância das minhocas nos solos. Em geral, climas mais quentes e úmidos (por exemplo Af) tiveram maiores abundâncias de minhocas, e sistemas integrados e pastagens tiveram mais minhocas que sistemas naturais e agrícolas. Constatou-se, portanto, que a abundância de minhocas pode ser usada como indicadora da qualidade ambiental e da fertilidade do solo, mas é necessário aumentar a representatividade dos atributos edáficos e ambientais coletados para melhorar o uso das minhocas como bioindicadoras em ecossistemas brasileiros.

Palavras-chave: Minhocas 1. Solos 2. Bioindicadores 3.

3.3 INTRODUCTION

Brazil hosts two of the world's 25 biodiversity hotspots and may be home to the largest number of species of any country on the planet (Myers et al., 2000) (Lewinsohn et al., 2005). As much as 25 % of the world's known species are animals that live in or spend a significant part of their life cycles in soils (Decaëns et al., 2006). These animals are important providers of soil ecosystem services (Lavelle et al., 2006), affecting especially plant productivity (provisioning service), erosion and flood control, water infiltration and availability in soil, biological control, seed dispersal, pollination, C sequestration and greenhouse gas emission, and the treatment of residues and contaminants (regulating services), as well as biodiversity, nutrient cycling and pedogenesis (supporting services) (Brown et al., 2017).

Among the most well-known soil animals are the earthworms, mainly for their role in soil bioturbation (Darwin, 1881), but also because they are easy to see, collect, and are important for soil fertility and a very popular fish bait. Furthermore, because these ecosystem engineers are not as highly diversified as some other soil animals, particularly nematodes and mites (Decaëns et al., 2006), their biodiversity is also relatively well known, particularly in temperate countries, where biodiversity of these animals tends to be lower than in the tropics (Lavelle et al., 1997). However, worldwide their populations, biodiversity and role in ecosystem services may be threatened by global environmental and land use changes that affect the soil (Lavelle et al., 1997; Decaëns et al., 2006).

Brazil is also one of the world's greatest agricultural producer (FAO, 2015), and also the world's greatest consumer of pesticides since 2009 (IBAMA, 2012). Even though around 30 % of Brazil's territory is presently used for crop production (OCDE/FAO, 2015), the pressure to increase agricultural production has led to increases both in productivity per unit area and in land use changes, from native vegetation or degraded lands (especially pastures) into annual cropping, a phenomenon that can cause profound changes to earthworm populations and biodiversity (Lavelle et al., 1994; Nunes et al., 2006). In fact, this is one of the reasons why earthworms have been proposed and used as good environmental indicators (Brown & Domínguez, 2010; Paoletti, 1999). However, earthworms can also be and are frequently used, particularly in some European countries, for local

and regional monitoring of soil quality, and the impact of different agricultural practices (Pulleman et al., 2012; Jansch et al., 2013; Rutgers et al., 2016).

Brazil is home to slightly more than 300 earthworm species, but as many as 1000 species may reside in the country (Brown e James, 2007). Land use change impacts on Brazilian earthworms have been assessed by many authors (Tanck et al., 2000; Barros et al., 2002; Baretta et al., 2003; Brown et al., 2003; Nunes et al., 2006; Silva et al., 2006; Marchão et al., 2008, 2009; Römbke et al., 2009; Lima e Brussaard, 2010; Marichal et al., 2010; Rousseau, 2010; Bartz et al., 2009, 2013, 2014a, 2014b; Pasqualin et al., 2012; Batista et al., 2014; Santos et al., 2016), but only a few studies explored relationships between earthworm abundance and soil quality, as measured by physical and/or chemical properties (Barros et al., 2002; Brown et al., 2003; Velásquez et al., 2012; Bartz et al., 2009, 2013, 2014a; Batista et al., 2014; Moura et al., 2014; Marichal et al., 2010, 2014). In fact, although it is commonly stated that more earthworms is an indicator of soil quality, and most farmers in Brazil consider earthworms to be a good indicator of soil quality (Brown et al., 2003, Lima et al., 2010), there is really little evidence that their abundance in soils (number of earthworms or their biomass) is directly related to soil fertility level.

Comprehensive soil quality assessments generally include soil chemical, physical and biological aspects, although the latter have generally received lesser attention, particularly in Brazil (Baretta et al., 2011). However, in the past 20 years, the use of bioindicators in Brazil, particularly soil fauna, has increased significantly (Baretta et al., 2011; Cardoso et al., 2013). The advantage of this is that soil biota tends to respond more rapidly to changes in the soil than many physical or chemical properties, and because bioindicators can be used to predict effects on other soil properties and functioning (Cardoso et al., 2013). Nonetheless, very few studies have addressed the relationships between earthworm abundance and soil quality within particular ecosystems or land uses. Establishing these relationships is of particular interest in land management, not only to better profit from the ecosystem services provided by earthworms, but also in order to promote sustainable agriculture and forestry and the conservation of natural resources in Brazil.

Therefore, the present work was undertaken in order to test the true role of earthworms as soil and environmental indicators in Brazilian ecosystems. A database contemplating all available data on the abundance of earthworms in Brazilian soils

was constructed, using published data from the literature as well as unpublished data of the authors, and including environmental and soil attributes considered important regulators of earthworm populations. The data were submitted to univariate and multivariate statistical analyses, in order to test the effects of these attributes and their interactions in determining earthworm abundance in Brazilian soils.

3.4 MATERIAL AND METHODS

3.4.1 DATA COMPILATION

A literature search of peer-reviewed publications reporting abundance of earthworms in Brazilian soils was performed using the ISI-Web of Science research database, as well as Scielo, and Google scholar databases. We used the keywords earthworm, (minhoca in Portuguese), soil fauna (fauna do solo in Portuguese) and macrofauna, with the words present in the 'Abstract, Title, Keywords' with dates ranging from '1990 to present'. We also accessed the Brazilian database of Thesis and Dissertations, as well as the Embrapa (Alice) publications database and the Brazilian Council for Research and Innovation (CNPq) website of Curriculum Vitae of Brazilian researchers. and consulted with many colleagues who work with earthworms or soil fauna in Brazil. We included primary studies in natural or agricultural and forestry systems in Brazil. A total of 141 studies published between 1990 and 2017 were found an additional three studies found in older literature as well as information from 47 unpublished studies of the authors were included, resulting in a total of 188 studies (Supplementary TABLE S3). In total, data from 199 counties and 1448 individual sampling sites were included.

When data in the original publication were presented graphically, we estimated values manually from the figures. Besides the data on measured response variables (earthworm density and biomass), details on the environment, the soil and the sampling methodology were also collected, in order to associate the response variables with these explanatory variables. Parameters chosen to be included were selected based loosely on the hierarchical models of Lavelle (1996), Decaëns et al. (2006), and Brown and Domínguez (2010). Hence, we included 17 soil (mostly chemical, and only 4 physical) and environmental variables each (mainly related to climate and vegetation types) and six earthworm variables, related to sampling

methodology as well as the species and abundance data (TABLE 1). The number of each variable obtained overall, and separately per Brazilian biome is provided in Supplementary TABLES S1 and S2.

TABLE 1. VARIABLES AND DESCRIPTION OF EACH ATTRIBUTE USED IN THE DATABASE.

Variables used in the DB	Explanation
Environmental / Soil	
Date	Month and year of sampling date
Location	GPS coordinates of sample site
Altitude	Meters above sea level of site
Climate	Köppen climate classes
Rainfall/Temperature	Mean annual precipitation/temperature
Season	When samples taken (wet or dry)
Biome	Brazilian biome of sample site (Amazonia, Cerrado, Atlantic Forest, Caatinga, Pampa and Pantanal)
Land use system	One of five main types of land uses (Agriculture, Integrated, Forestry, Native vegetation and Pasture)
Type of crop / pasture / forest plantation	Main crop, pasture or forestry species at sample site/date
Soil management / disturbance	One of four main soil management systems (Perennial crop, No-tillage, Minimum-tillage and Conventional tillage)
Integrated Crop and / or Livestock Management Systems	One of four main integrated crop management systems including trees and/or livestock: ICL (Integrated crop-livestock), ICLF (Integrated crop-livestock-forestry), ILF (Integrated livestock-forestry), AFS (Agroforestry system)
Soil type	FAO soil classification (FAO 2006)
Soil texture	FAO classification (FAO 2006)
Soil particle size distribution	% of sand, silt & clay (by weight)
Soil chemistry	pH (CaCl ₂), potential acidity (H+Al), and available concentrations of K, Ca, Mg, P, Total C and N, Sum of Bases, Base saturation, Cation Exchange Capacity (CEC)
Earthworm sampling	
Sample size	Size of soil monolith (m ²)
Sample No.	Number of monoliths taken to generate means
Sample depth	Depth of the soil monolith
Sampling effort	Total area sampled for earthworms (m ²)
Density / Biomass	Mean values of no. individuals or biomass (g) m ⁻²
Identification	If earthworms were identified to species or not

FONTE: Nadolny (2017)

3.4.2 ENVIRONMENTAL PARAMETERS

All sites were categorized according to Köppen climate types, using the updated classes of Alvares et al., 2013. For studies that did not report environmental variables, particularly climate, mean annual temperature and rainfall and soil types, these were obtained from maps using GIS and the site <https://www.climatempo.com.br/> (that contains mean values of precipitation and temperature of the last 30 years) and soil maps respectively. Sampling dates were

separated into dry (monthly precipitation for sample date <100 mm) or wet season (precipitation >100 mm) samples. When the geographic coordinates of the specific sample site were not given by the authors the coordinates of the county seat were used. These were used to produce a map of sample sites, according to climate and Brazilian biomes (FIGURE 1).

Most studies comprised several treatments or land uses evaluated, resulting into more than one observation per study. Not all studies provided information on all variable classes evaluated (environmental, earthworm, soil) so that the number of observations per variable was not always identical to the total number of observations (see Supplementary TABLES S1 and S2).

We divided studies into five groups based on primary land use type, in order to assess land use effects on earthworm abundance. The five categories chosen were: Native vegetation, Forest plantations (Reforestation), Pastures, Crops and Integrated Production Systems (IPS). The native vegetation types included seven subcategories, based on standard Brazilian IBGE vegetation types, i.e.: Wetland, Grassland, Savanna (Cerrado), Seasonal Semideciduous/Deciduous Forest, Broadleaf Evergreen Forest, Mixed Broadleaf Forest and Gallery Forest. Forest plantations included the three most common types of plantations in Brazil (*Eucalyptus* and *Pinus* spp. and *Araucaria angustifolia*), as well as a mixture of all other types which were placed into a category of "Others". In the agricultural sites, Pastures were subdivided into the most widespread type, the African *Brachiaria* spp. pastures, and all other pasture types were grouped into a category of "Others". Integrated production systems, i.e., systems that included more than one production system such as agroforestry, silvopastoral, agropastoral and agrosilvopastoral systems. Main crops (14 types) were identified, and all others were included into a category of "Others". Finally, soil management practices were separated into four categories, in the following order of increasing soil disturbance level: Perennial crops, No-tillage, Minimum-tillage and Conventional-tillage.

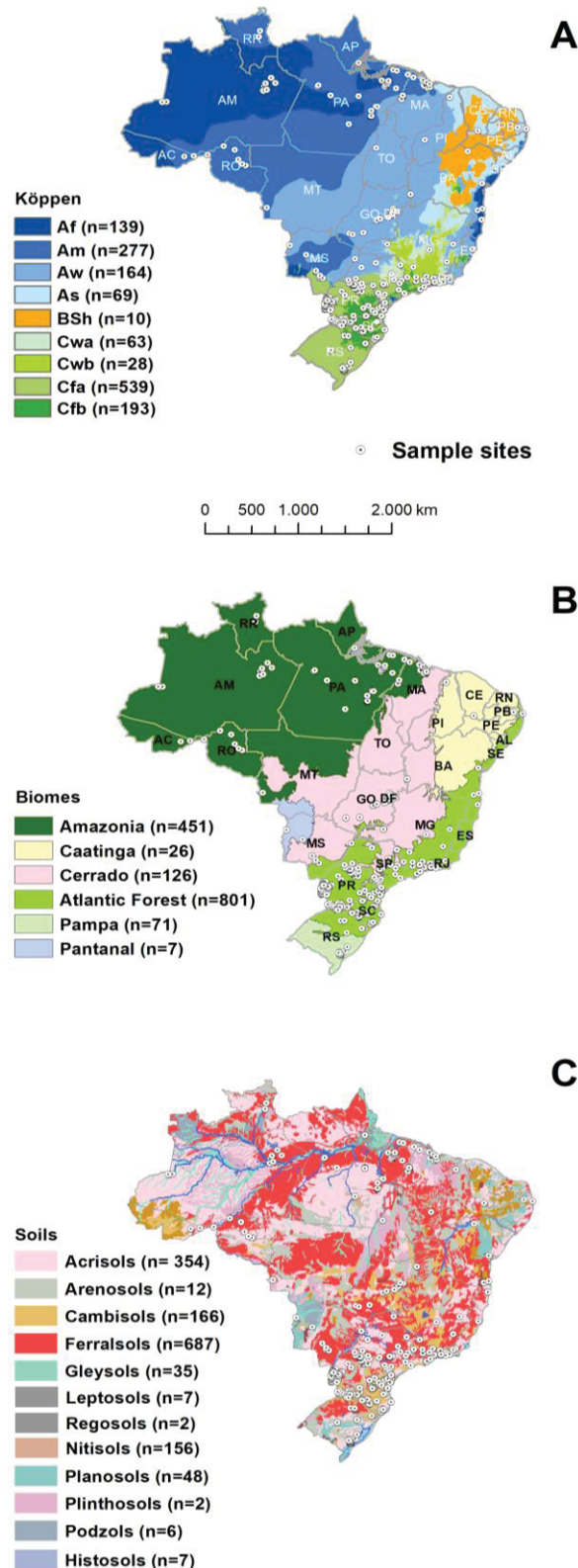


FIGURE 1. DISTRIBUTION OF SAMPLING SITES FOR EARTHWORM ABUNDANCE IN NINE KÖPPEN CLIMATES (A), FIVE BRAZILIAN BIOMES (B) AND SOIL CLASSES ACCORD FAO (C). NUMBERS IN PARENTHESES INDICATE THE TOTAL NUMBER OF SAMPLES IN EACH CATEGORY. KÖPPEN CLIMATE CLASSES AND GEOGRAPHIC DISTRIBUTION TAKEN FROM (ALVARES ET AL., 2013).

FONTE: Nadolny, 2017

3.4.3 EARTHWORM DATA

The standard earthworm collection method of ISO (2006) and the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) Program (Anderson e Ingram, 1993), or variations thereupon, were the default methods chosen for inclusion in the database. Therefore, only sites where earthworms were handsorted from soil monoliths were used. Studies using extraction methods based on irritating solutions such as dilute formalin were not considered. Minimum sample size considered was 17 cm diameter and 20 x 20 cm blocks, but samples up to 1 m² were also included. Minimum sample depth considered was 10 cm, although some sites sampled down to 50 cm depth.

These total sampling efforts was calculated by multiplying the number of samples taken by the area (in square meters) of the sample. Sampling effort ranged from a minimum of 0,125 (2 TSBF samples) up to 14 m² at a particular site. Three categories of sampling effort were established in order to assess the impact on earthworm biomass and individual recovery: low = 1 to 4 TSBF's (< 0.31 m²), medium = 5 to 9 TSBF's (0.31 – 0.62 m²), medium-high (good) = 10 to 15 TSBF's (0.62 – 0.99 m²) and very high = 16 or more TSBF's (>1 m²). As only a small percentage of the total studies actually identified earthworms, the abundance values of these were not included in the database, we only noted if earthworms were or not identified.

3.4.4 THE CHEMICAL ATTRIBUTES

Contents of K, Ca, Mg, H+Al (cmol_c dm⁻³) P (Merlich, mg dm⁻³), C (g dm⁻³), N (g dm⁻³), base saturation, C:N, CEC, base sum and pH were collected from all papers when given. As pH values were reported using three different methods of analysis (H₂O, KCl and CaCl₂), values in KCl and CaCl₂ were considered equivalent, and all values of pH in H₂O were transformed to CaCl₂, using the factor given by Junior, (1997), where pH in water is 0.6 units higher than CaCl₂ and KCl. The chemical attributes were separated into three classes (low, medium and high) following agronomic recommendations related to soil fertility levels for the state of Minas Gerais, Brazil (Ribeiro et al., 1999). For the physical properties were used the textural triangle of IBGE (IBGE, 2007), which is equivalent to that of FAO (FAO, 2007).

3.4.5 EARTHWORM ABUNDANCE AND SOIL FERTILITY RELATIONSHIPS

Standard values of soil attributes considered for agronomic purposes (plant production) were obtained from Ribeiro et al., (1999) and Landon, (1991), in order to relate earthworm abundance to soil fertility. Levels were standardized to three (low, medium, high) for all parameters (TABLE 2), where low is considered inadequate or very limiting for crop production, medium is considered moderately limiting and likely needing some correction for higher input crops, and high is considered good, with high plant production potential. When the original classification contained more levels (e.g., low, very low, medium, good and very good), these were standardized to three levels by combining low and very low and good and very good into “high”.

TABLE 2. SOIL FERTILITY LEVELS USED TO TEST THE RELATIONSHIP WITH EARTHWORM ABUNDANCE (DENSITY AND BIOMASS), WITH THE INTERVAL VALUES FOR EACH ATTRIBUTE EVALUATED, AS ADAPTED FROM RIBEIRO ET AL. (1999) AND LANDON (1991).

Attribute	Unit	Low	Medium	High
Carbon (C)	g/dm ³	≤ 11,69	11,7 - 23,29	> 23,3
Potassium (K)	cmol _c /dm ³	≤ 0,10	0,11 - 0,18	> 0,19
Calcium (Ca)	cmol _c /dm ³	≤ 1,20	1,21 - 2,40	> 2,41
Magnesium (Mg)	cmol _c /dm ³	≤ 0,45	0,46 - 0,90	> 0,91
Sum of bases	cmol _c /dm ³	≤ 1,80	1,81 - 3,60	> 3,61
Potential acidity (H+Al)	cmol _c /dm ³	≤ 2,50	2,51 - 5,00	> 5,01
Cation exchange (CEC)	cmol _c /dm ³	≤ 4,30	4,31 - 8,60	> 8,61
Base saturation (V %)	%	≤ 40,0	40,1 - 60,0	> 60,1
pH	(CaCl ₂)	≤ 4,8	4,9 - 5,4	> 5,5

FONTE: Nadolny (2017)

3.4.6 DATA DEPURATION

In order to minimize variability coefficients for the statistical analyses, for each of the grouping variables, only those representing a minimum of 1 % of the total sample population and having at least a total n of 5 samples were included. Those grouping variables not meeting this standard were excluded (see Supplementary TABLE S2). For instance, the Pantanal biome, that had only 7 sample sites in the database was excluded from all analyses. The same occurred with the Grassland (6 samples) and Wetland sites (2, samples). After testing the effect of sampling season (wet vs. dry) on earthworm abundance and biomass, abundance in the dry season of the Caatinga (n=11) and biomass in the dry season of Atlantic Forest (n = 135) were removed from the analyses in these biomes. For total soil N, only three sites had high

values (Landon, 1991), so these were not used in the test of the relationship between earthworm abundance and soil fertility levels.

3.4.7 DATA AVAILABILITY

The datasets generated during and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request. However, the use of this database (or part of it) by third parties is contingent on their acceptance of the inclusion of all owners of original, unpublished data, as co-authors of any publications or products derived from the use of such data.

3.4.8 STATISTICAL ANALYSIS

Initially we tested the significance of sampling season (dry or wet) on overall earthworm abundance, to determine whether data from the same site collected at different dates could be averaged over all dates, or if only wet season data should be included in the database. When we found that there was no significant seasonal effect, data from different sample dates were averaged. The data were treated using the Generalized Linear Model (GLM) of the Gamma family, considering a Gamma distribution type of the data (Johnson, 2014). This specific family of analysis allows the use only of continuous data that is not normally distributed and is more efficient for large data sets (Bolker, 2008). Furthermore, it allowed us to analyse raw data (without transformation). Analysis of variance was performed to determine significance between the main grouping variables, i.e., land use system (Crops, Integrated Production Systems, Native vegetation, Pasture and Reforestation), soil fertility level (low, medium, high), soil type (FAO).

A hierarchical model of variables affecting earthworm density, loosely based on Lavelle (1996), Decaëns et al. (2006) and Brown and Domínguez (2010) was constructed. The relationship between climate and biome types was determined using hierarchical (interaction) tests. Therefore, we tested biome within climates and climate within biomes; overall land cover within biomes and climates; agroecosystems (the combination of Pastures, Integrated Production Systems and Crops) and native/forestry systems (Native vegetation + Reforestation) within climates and biomes, and soil types within climates and biomes. When interactions

were significant in terms of their effect on earthworm density, the variables were considered separately. Since there were significant hierarchical interactions of soil types and land uses within climates and biomes, these were all analysed separately, performing ANOVAs of land use types and soil types within each climate AND biome. To evaluate the relationships between land use types (Native/forestry ecosystems; agroecosystems) and soil types and the soil attributes affecting earthworm abundance, a Principle Component Analysis was performed using the Monte Carlo permutation test of significance. To test the relationships between earthworm abundance (biomass and density) and all soil attributes together, we also performed a multiple linear regression. The number of sites included in this analysis were 661 and the soil attributes included in the hierarchical model test, ACP and multiple regression were: pH, H+Al, K, Ca, Mg, P, C, Sum of Bases, Base saturation, CEC, sand and clay contents.

Linear regressions were also performed individually with earthworm abundance and biomass and Pearson's r coefficient obtained. The maximum number of each attribute available was used for the regressions. Finally, earthworm density was separated into five population levels (0, 1-10, 10-30, 30-80, 80-200 and >200 indiv. m⁻²), and the relationship with soil physical and chemical attributes tested using an ACP and Monte-Carlo permutations to test significance. A total of $n=411$ sites were used and soil parameters included in this analysis were pH, H+Al, K, Ca, Mg, P, C, Sum of Bases, CEC, sand and clay contents. All analyses were performed using the software R (R, 2014) and Statistica v. 10 (StatSoft Inc., 2011). All significance levels were set to a minimum of $p < 0.05$.

3.5 RESULTS

3.5.1 THE DATA SET

Upon construction of the database, it became immediately apparent that few published studies measured all the necessary environmental and soil factors considered important regulators of earthworm abundance in soils. The number of measurements of each of these attributes was highly variable (see Supplementary TABLE S1), and only reached 100 % of all sites/studies for sample size, county, state and vegetation cover of the site. Other environmental variables were less well

represented, with 65 to 88 % of the total samples. Noticeably, very few studies reported earthworm biomass (36 %) and even fewer (26 %) identified the earthworms collected in their samples. In terms of the soil variables, only texture, pH, C, K and sum of bases were reported in slightly more than 50 % of the samples. Soil N content was rarely provided (15 % of samples). The proportion of studies overall reporting these variables increased only slightly, when the author's unpublished data were included in the database (see Supplementary TABLE S2).

Sample sites were geographically disjointed; most (59 %) being concentrated in S and SE Brazil (FIGURE 1), home to the largest proportion of Brazil's scientific community. Therefore, the number of sites in the Atlantic Forest Biome (mostly in S and SE regions) represented 55 % of the total, while those in Amazonia, Cerrado, Pampa, Caatinga and Pantanal, represented 31 %, 8 %, 5 %, 0.7 % and 0.5 %, respectively (see Supplementary TABLE S2). Of the 12 Köppen climate types present in Brazil (Alvares et al., 2013), only eight were present in the samples (Fig. 1), most of them concentrated in Cfa (37 %), Am (19 %) types, representing sites with humid subtropical and monsoon climates (with summer rainfall). The subtropical to temperate Cfb climate typical of southern Brazil, with no dry season represented 14 % of the sample sites.

Of the five main land use types chosen for the analysis, agricultural cropping sites were mostly highly represented (35 %), followed by native vegetation (33 %), integrated production systems - IPS (13 %), pastures (12 %) and reforestation (7 %).

3.5.2 INFLUENCE OF SAMPLING SEASON

Most of the samples were taken in the wet season (70 %) rather than the dry season. Overall, there was no difference in earthworm density in samples taken in the dry (monthly precipitation for sample date < 100 mm) or wet season (precipitation > 100 mm). However, when analyzed separately per biome, in the Caatinga, earthworm abundance was significantly lower in the dry season, when no earthworms were encountered in the samples. Biomass was also negatively affected by dry season sampling in the Atlantic Forest, so these were removed from the database in all further statistical tests.

3.5.3 INFLUENCE OF CLIMATE AND BIOMES

The main factors influencing earthworm density and biomass are those related to climate (FIGURE 2), that regulates temperature and rainfall. Although there were no differences between dry and wet season for earthworm density, earthworm biomass was generally lower in the dry season. Pearson's correlation coefficients of earthworm density and biomass with rainfall and temperature were low (TABLE 3), but the linear regressions were highly significant ($< 0,001$). Furthermore, relationships of these earthworm parameters with altitude (which also leads to changes in climate), were also significant.

TABLE 3. RELATIONSHIP BETWEEN EARTHWORM DENSITY AND BIOMASS AND SELECTED SOIL AND ENVIRONMENTAL VARIABLES AND SAMPLING EFFORT, EXPLORED USING LINEAR REGRESSION. N = NUMBER OF OBSERVATIONS; R = PEARSON CORRELATION COEFFICIENT; VALUES OF P SHOWN IN RED ARE STATISTICALLY SIGNIFICANT; NS = NOT SIGNIFICANT.

Variable	Earthworm density			Earthworm biomass		
	n	r (Pearson)	P-value	n	r (Pearson)	P-value
Temperature	1448	0,121	<0,001	674	-0,019	ns
Precipitation	1448	0,124	<0,001	674	0,207	<0,001
Altitude	1446	-0,213	<0,001	672	-0,275	<0,001
pH	1009	0,039	ns	462	-0,043	ns
H +Al	691	-0,143	<0,001	430	0,034	ns
K	982	0,046	ns	447	0,076	ns
Ca	960	0,010	ns	446	-0,177	<0,001
Mg	964	0,062	ns	443	-0,022	ns
P	966	0,087	0,007	442	-0,005	ns
C	1009	-0,008	ns	488	0,174	<0,001
Sum of Bases	989	0,042	ns	454	-0,138	0,003
CEC	912	-0,063	ns	462	-0,095	0,041
Base saturation	907	0,106	0,001	447	-0,113	0,017
N	392	0,018	ns	158	0,362	<0,001
C:N	373	0,149	0,004	143	0,126	ns
Sand	776	0,057	ns	327	0,136	0,014
Clay	827	-0,010	ns	359	-0,126	0,017
Silt	776	-0,079	0,027	327	-0,084	ns
Soil moisture	252	-0,022	ns	152	0,056	ns
Sampling effort	1359	-0,061	ns	635	0,078	0,050

FONTE: Nadolny (2017)

The hierarchical model (FIGURE 2) clearly showed how climate and biome interact with each other and also regulate the earthworm community present depending on the type of soil and land use cover/system. Land cover and soil type were also significantly correlated to each other, and significantly controlled soil

chemical properties. These, in turn, were significantly related with earthworm abundance (through multiple regression). The significance of the tests show that earthworm density encountered at a particular site in Brazil is highly dependent on the climate and biome type in which it is sampled. Furthermore, because soil type and land use system are also hierarchically determined by biome and climate, earthworm density could in the different soil types and land use systems could not be compared overall, but only within each climate and biome (FIGURES 3 and 4). The only hierarchical relationship that was not significant was that of Agroecosystems within Biomes, so that in this case, earthworm abundances can be compared across biomes, within the agricultural ecosystems. In the following sections, we discuss the main results of earthworm abundance according to these parameters, within each climate and biome types.

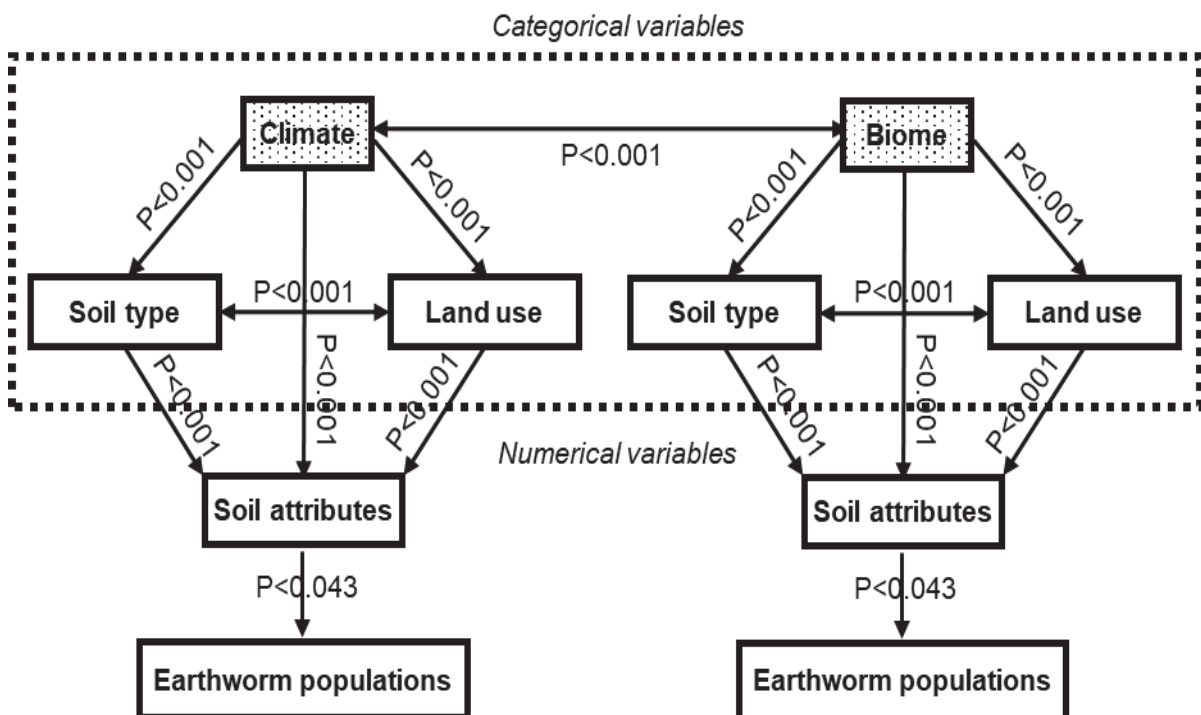


FIGURE 2. ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLES AFFECTING EARTHWORM POPULATIONS. AT THE TOP, CLIMATE AND BIOME TYPES HIERARCHICALLY DETERMINE OVERALL LAND COVER AND SOIL TYPES, WHICH IN TURN SIGNIFICANTLY AFFECT THE SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL, AND EARTHWORM ABUNDANCE. P VALUES ARE THE RESULTS OF HIERARCHICAL TESTS (FOR CATEGORICAL VARIABLES), PCA FOR AGROECOSYSTEMS AND NATIVE/FOREST SYSTEMS AND SOIL ATTRIBUTES, AND MULTIPLE REGRESSION FOR SOIL ATTRIBUTES AND EARTHWORM POPULATIONS.

FONTE: Nadolny (2017)

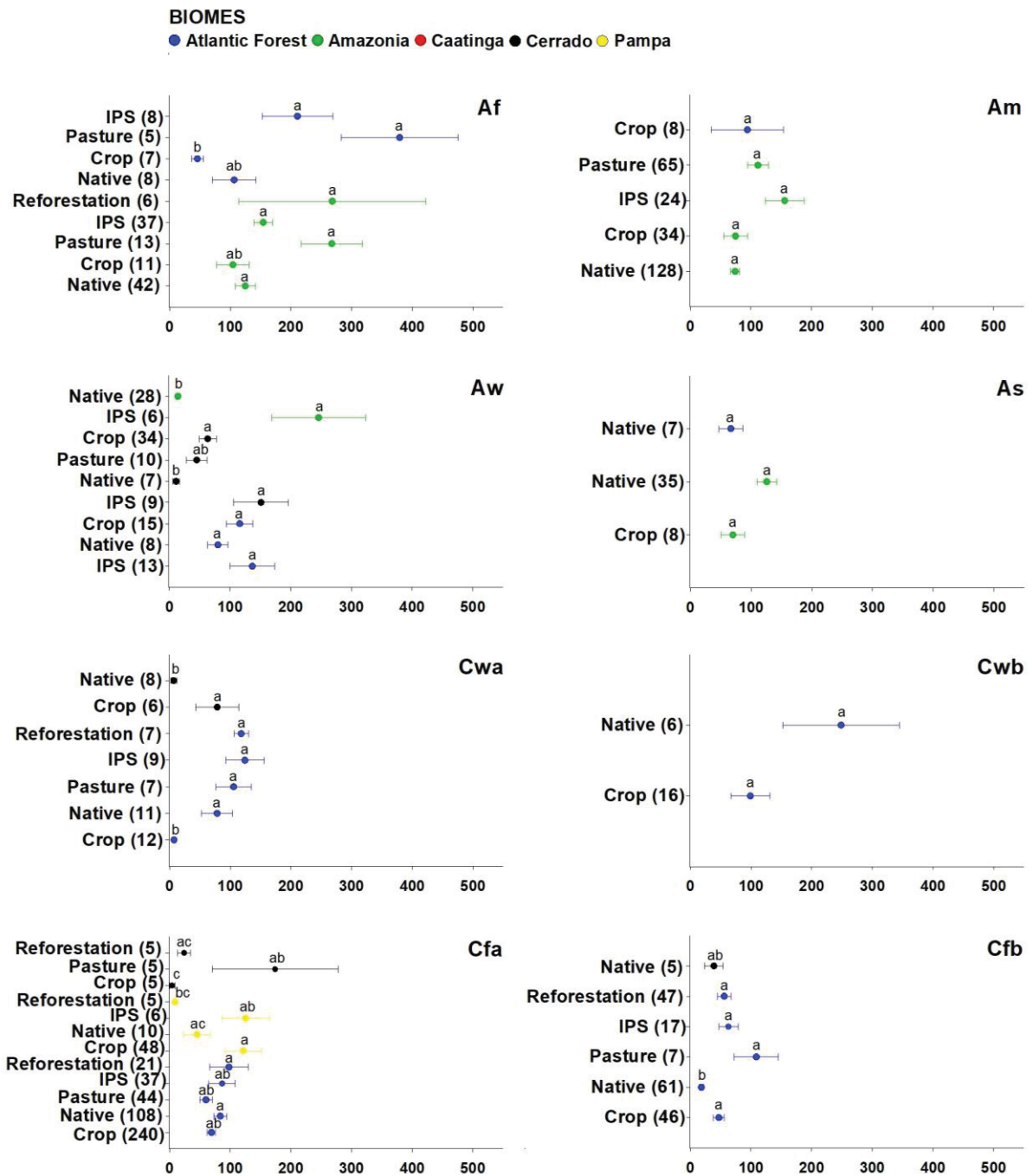


FIGURE 3. RESULTS OF THE ANOVA TEST SHOWING DIFFERENCES BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE IN EACH MAIN LAND USE SYSTEM WITHIN EACH CLIMATE AND BRAZILIAN BIOME. DIFFERENT LETTERS WITHIN EACH SOIL BIOME AND CLIMATE TYPE INDICATE SIGNIFICANT DIFFERENCES IN ABUNDANCE AMONG LAND USE TYPE SYSTEMS. NUMBERS IN PARENTHESIS ARE THE TOTAL “N” OF EACH LAND USE TYPE. IPS = INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM.

FONTE: Nadolny (2017)

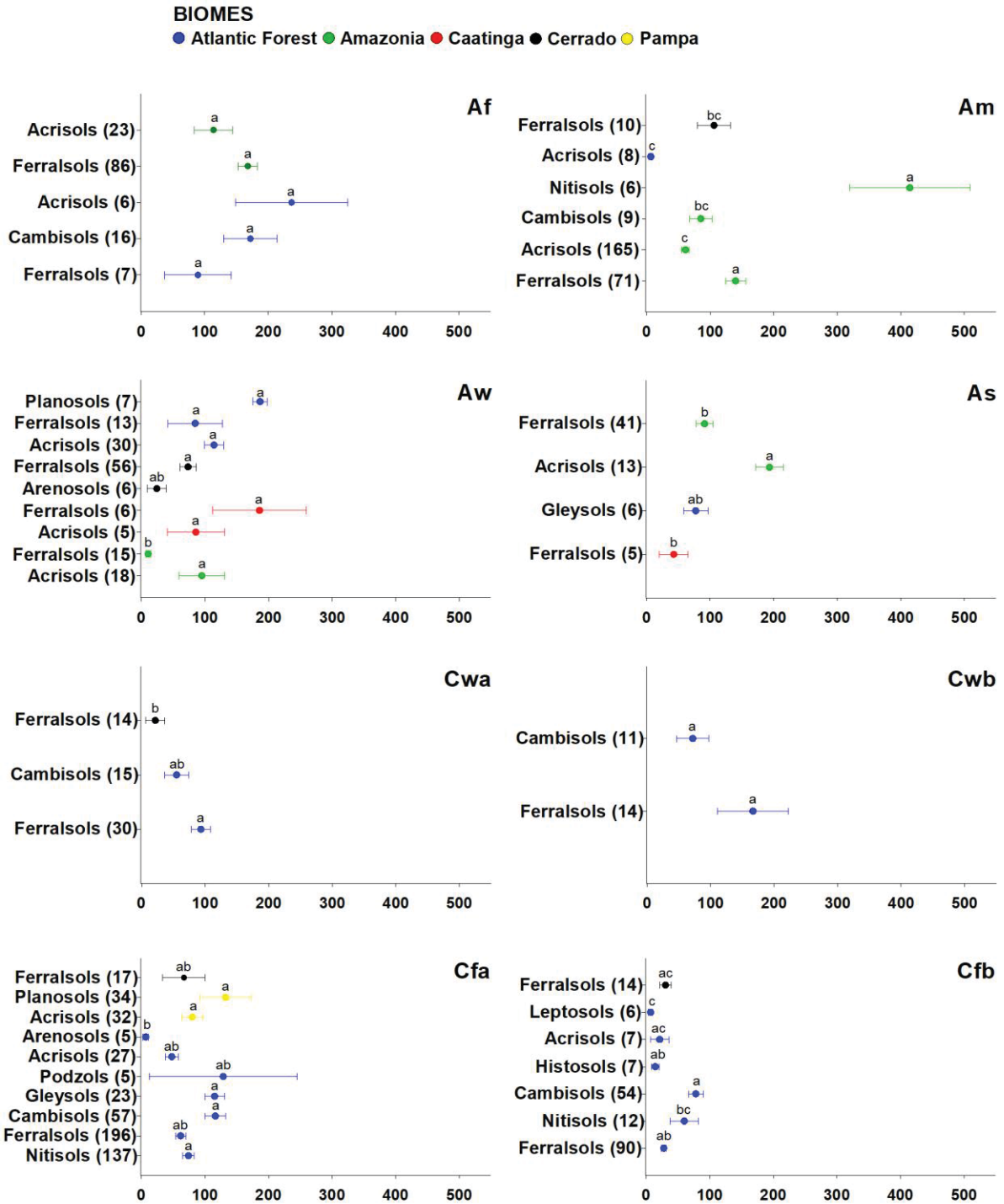


FIGURE 4. RESULTS OF THE ANOVA TEST SHOWING DIFFERENCES BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE IN EACH SOIL TYPE WITHIN EACH BRAZILIAN BIOME AND CLIMATE. DIFFERENT LETTERS WITHIN EACH SOIL BIOME AND CLIMATE TYPE INDICATE SIGNIFICANT DIFFERENCES IN ABUNDANCE AMONG SOIL TYPES. NUMBERS IN PARENTHESIS ARE THE TOTAL “N” OF EACH LAND USE TYPE. IPS = INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM.

FONTE: Nadolny (2017)

3.5.3.1 THE AF CLIMATE

Is typical of tropical rainforests, has no dry season and is found in Amazonia and parts of Atlantic Forest biomes (Alvares et al., 2013). In Amazonia, there are fewer months with less than 100 mm of rain. This condition is better for earthworms, and all land use systems sampled in this biome had abundance higher than 100 indiv. m⁻² (FIGURE 3). Abundance in Atlantic Forest was the highest population found in this climate, nevertheless had no difference among all ecosystems except from the crop. But crop system in the Atlantic Forest, had no difference from the crop in Amazonia (FIGURE 3). Compared with native vegetation in Atlantic Forest and cropping systems in Amazonia, the lowest abundance of earthworms was observed (< 50 indiv. m⁻²). Highest earthworm density was observed in Acrisols in Atlantic Forest, but no significant differences were found in the abundance among the soil classes where was made the sampling efforts in this biomes and soils (FIGURE 4).

3.5.3.2 THE AM CLIMATE

Is a tropical monsoon climate covering the second largest surface area in Brazil (after Aw), occurring in Amazonia, Atlantic Forest, Cerrado and Pantanal. The Am climate has high annual rainfall and mean monthly temperatures reach above 25° C. In this climate we observed the second highest number of earthworms in a soil class (Nitisols) in Amazonia (FIGURE 4), with values significantly higher than in all other soil types. In terms of land uses, earthworm abundances ranged from around 74 to 155 indiv. m⁻², but there were no significant differences among the land uses in any of the biomes.

3.5.3.3 THE AW CLIMATE

Is widespread in Brazil, covering 25 % of the country. Mainly found in central Brazil, it has a dry winter and summer rainfalls of around 250 mm month⁻¹ (Alvares et al., 2013). The Atlantic Forest had the highest mean earthworm populations of all biomes, with > 150 indiv. m⁻² in Planosols. In this climate there were no significant differences among the soil types and biomes except the Ferralsols in Amazonia with the lowest earthworm density (FIGURE 4). In all biomes, Amazonia, Cerrado and

Atlantic Forest, the IPS had significantly higher earthworm numbers than the Native vegetation in Amazonia and Cerrado (FIGURE 3).

3.5.3.4 THE AS CLIMATE

Tropical climate with rain in the winter and is found mostly in northeastern Brazil (> 85 %) and part of Amazonia (Maranhão state). This climate defines the semi-arid region of Brazil (Alvares et al., 2013). In Amazonia on Acrisols earthworm density was very high (close to 200 indiv. m⁻²), and significantly higher than in Ferralsols (FIGURE 4). In the Atlantic Forest and Caatinga only the Gleysols and Ferralsols respectively had the earthworm sample and with less than 100 and 50 indiv. m⁻². There were no differences among native forests and crops in Amazonia and native forests in Atlantic Forest where fewer than 100 indiv. m⁻² were found (FIGURE 3).

3.5.3.5 THE CWA CLIMATE

Is found in Atlantic Forest and Cerrado at altitudes greater than 500 m and with less than 700 mm of annual rainfall in some places, and mean temperature in winter of around 17,5° C. There was no difference between the Cambisols and Ferralsols in Atlantic Forest, where earthworm sampling was made (< 100 indiv. m⁻²) and in Cerrado only the Ferralsols had < 20 indiv.m⁻² (FIGURE 4). But the Ferralsols were significantly different between the biomes (FIGURE 4). Among the land use types in Cwa the IPS and reforestation systems had significantly higher earthworm populations than Cropping systems in the Atlantic Forests (with very low earthworm populations), while in the Cerrado it was the cropping systems that had higher mean abundance (around 50 indiv. m⁻²). Even so the native vegetation and crop in Cerrado and Atlantic Forest respectively had no statistical differences (FIGURE 3), which had very low earthworm densities.

3.5.3.6 THE CWB CLIMATE

It Is the climate with the smallest occurrence in Brazil (only 2 % of the area). As with Cwa, it is common climate in SE Brazil, and has a dry and cold winter and a hot and humid summer. Earthworms were sampled in Ferralsols and Cambisols in

the Atlantic Forest, but there were no differences between these two soil types (FIGURE 4). Very high earthworm density was recorded in native vegetation (> 250 indiv. m^{-2}), but mean values were not significantly different from those observed in cropping systems (FIGURE 3).

3.5.3.7 THE CFA CLIMATE

Is typical of S and SE Brazil, including parts of São Paulo and Mato Grosso do Sul, but also occurs in small areas in other places, including Northern Brazil. There is no dry season in this climate and the mean temperature is $19,5^{\circ}$ C. Highest abundance was recorded in Podzols, Gleysols and Cambisols in the Atlantic Forest and Planosols in the Pampa biome, all with > 100 indiv. m^{-2} . However, differences were found in Arenosols in Atlantic Forest with less than 10 indiv. m^{-2} that was different of all soils except Ferralsols in Cerrado and Acrisols and Ferralsols in Atlantic Forest (FIGURE 4). Within the land use systems, highest abundances were observed in Cerrado pastures, with > 150 indiv. m^{-2} , that had differences only of the crop system in the same biome and not differenced of all others land use systems among the biomes (FIGURE 4).

3.5.3.8 THE CFB CLIMATE

Like the Cfa is also typical of S and SE Brazil, and also has no dry season and mean temperatures of 20° C. Highest earthworm densities were found in Cambisols (around 80 indiv. m^{-2}), but with significantly difference only from the Leptosols in the same biome (FIGURE 4). In the land use systems, highest abundance (> 100 indiv. m^{-2}) were found in pasture at the Atlantic Forest, with values significantly difference only of native vegetation (FIGURE 3) with less than 20 indiv. m^{-2} .

3.5.3.9 THE BSH CLIMATE

This climate is found only in the Northeast region of Brazil, occupying $4,9\%$ of the country. It is found in low altitude and latitude, been the most common climate in the semi-arid region of the Brazil, all in the Caatinga Biome that is the most dry region of the Brazil (Alvares et al., 2013).

3.6 RELATIONSHIP BETWEEN EARTHWORM ABUNDANCE AND SOIL FERTILITY

There were no strong correlations between earthworm density and biomass and soil chemical attributes (TABLE 3). Nevertheless, some of the linear regressions had highly significant “p” values; i.e., exchangeable acidity (H+Al), P, base saturation (V %) and C:N ratio and silt content for earthworm density and Ca, C, Sum of Bases, CEC, Base saturation, N, C:N ratio, % sand and % clay for earthworm biomass. When related to soil fertility classes used for agronomic purposes (determination of soil fertility levels for crop fertilizer needs), once again only a few significant results were found (FIGURE 5). For phosphorus earthworm density was higher in high concentrations of this element (FIGURE 5e), but the biomass was higher where the soil - P contents were low (FIGURE 5f).

Soil with low exchangeable acidity - H+Al - (considered better for soil fertility) had higher earthworm density than those with high H+Al contents (FIGURE 5b), confirming the Pearson’s negative correlation (TABLE 3). Soil C content was an important determinant of earthworm biomass (not density), which was significantly higher in soils with high C contents than those with medium or low C (FIGURE 5d), once again confirming what had been observed with the linear regressions (TABLE 3).

Soil pH had an impact on earthworm abundance but this was not linear (TABLE 3); intermediate pH values (4,9 – 5,4) had higher earthworm density but not differentiate than both low pHs (< 4,8), (FIGURE 5a). On the other hand, soil Ca had a negative relationship with earthworm biomass (TABLE 3), so that soils with low Ca contents had significantly higher worm biomass than those with high Ca (FIGURE 5c).

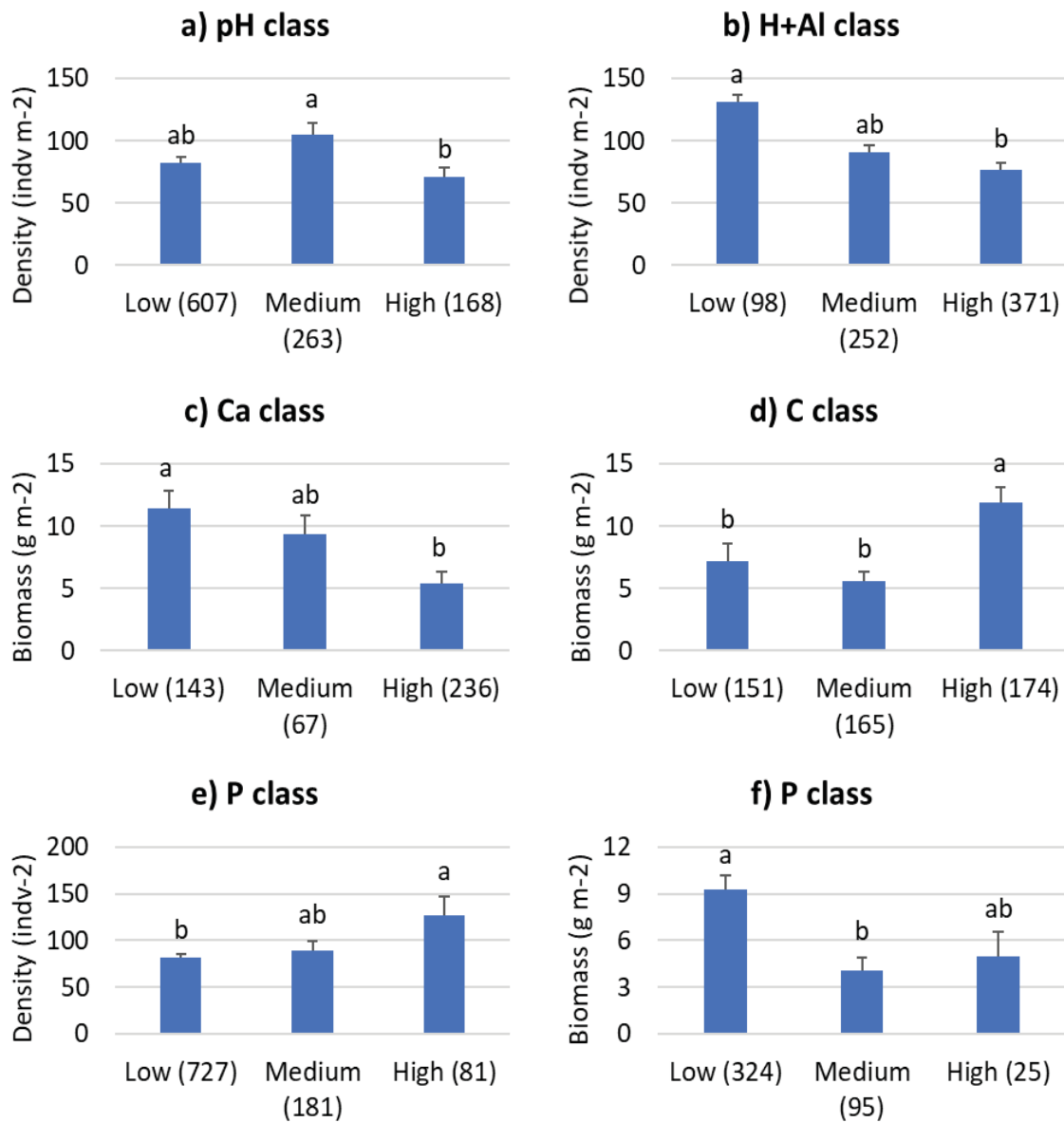


FIGURE 5. EARTHWORM DENSITY AND BIOMASS IN DIFFERENT SOIL FERTILITY CLASSES (LOW, MEDIUM, HIGH), FOR SELECTED PARAMETERS WHERE SIGNIFICANT DIFFERENCES ($P < 0.05$) WERE DETECTED. FOR DETAILS ON THE MEANINGS OF EACH FERTILITY CLASS, PLEASE REFER TO TABLE 2. THE NUMBER BETWEEN PARENTHESIS IS TOTAL "N" OF EACH CLASS IN EACH FERTILITY CLASS.

FONTE: Nadolny (2017)

In the Principal Component Analysis of earthworm density and soil variables (FIGURE 6), the earthworm density classes were aligned along the Axis 1, and significantly related to soil cation contents, mainly Ca, Mg, sum of bases, base saturation and pH. Lower earthworm densities (density class 1) were related to exchangeable acidity (H+Al) and C contents, conditions that are typical of soils of

native vegetation sites in Brazil (forest, grasslands, cerrado). However, only 4 % of the variability was explained by this relationship, indicating that other factors are more important in determining earthworm densities in soils of the database.

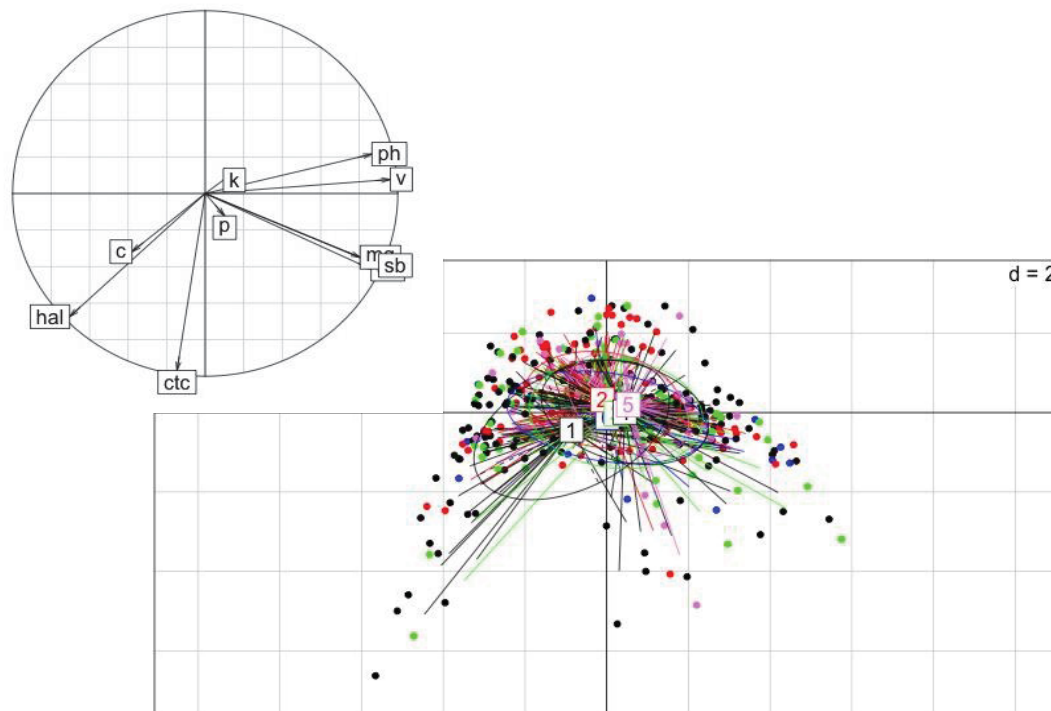


FIGURE 6. PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS USING FIVE CATEGORIES OF EARTHWORM ABUNDANCE FROM SITES WITH A COMPLETE SET OF SOIL VARIABLE (N=411 SITES). 0=0 INDIV. M⁻²; 1=1-10 INDIV. M⁻²; 2=10-30 INDIV. M⁻²; 3=30-80 INDIV. M⁻²; 4=80-200 INDIV. M⁻²; 5= MORE THAN 200 INDIV. M⁻². OBSERVATION: 0.04 SIMULATED P-VALUE: 0.001.

FONTE: Nadolny (2017)

3.7 EARTHWORM ABUNDANCE AND SAMPLING EFFORT

The size of the sample used to collect earthworms had no effect on earthworm density recovered, but higher sample sizes resulted in significantly higher earthworm biomass (FIGURE 7). Although weak, correlations between sample effort and the density and biomass of earthworms collected had significant p values ($p < 0.05$). However, the relationship with density was negative, indicating the more earthworms were recovered with smaller sampling efforts. On the other hand, the opposite was true for biomass, indicating that more larger earthworms were recovered with higher sample efforts.

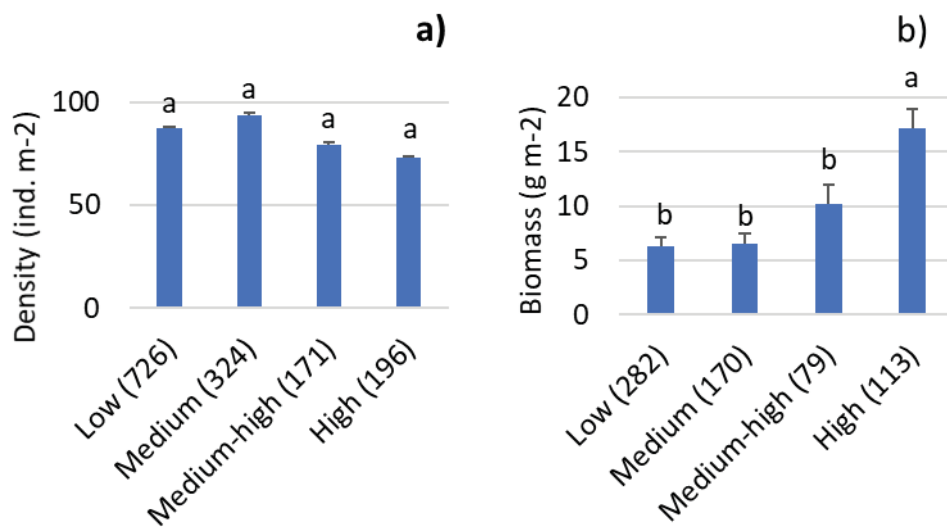


FIGURE 7. THE EFFECT OF SAMPLING EFFORT ON EARTHWORM ABUNDANCE (DENSITY AND BIOMASS), ACCORDING TO FOUR EFFORT CATEGORIES. LOW 1-4 TSBF'S (<0.31 M²); MEDIUM 5-9 TSBF'S (0.31-0.62 M²); MEDIUM-HIGH (GOOD) 10-15 TSBF'S (0.62-0.99 M²); HIGH >16 TSBF'S (>1 M²).

FONTE: Nadolny (2017)

3.8 DISCUSSION

The database with 1448 sample sites in Brazil, encompassing 9 main climate types, 5 main land uses, and a wide range of soil and environmental variables, clearly showed that climate is the main factor controlling earthworm populations in Brazil. Earthworm abundance was significantly positively related with precipitation (density) and temperature (density and biomass), and negatively related with altitude, indicating that warmer and wetter regions, typically in the lowland areas of Brazil should have higher earthworm abundances.

Biomes, land use systems and soil types, generally constrained by climate, had to be analyzed separately, since hierarchical interactions were significant. Still, the analysis by land use types clearly showed, despite the many low number of observations, that managed ecosystems, especially pastures, integrated production systems and crops have higher abundance than native vegetation. This highlights the very important role of human activities controlling earthworm populations in managed systems and represents an opportunity for humans to increase earthworm populations in these systems in order to improve the delivery of soil ecosystem services affected by earthworm activities.

Soil types had significant influences on earthworm abundance, a phenomenon that has been little studied for earthworms in general, particularly in Brazil (Caballero, 1975). Earthworm abundance in the same soil types was very different depending on the climate. Nitisols, with the highest observed abundance of all soils (in the Am climate), had abundance ranging from around 70 to more than 400 indiv. m⁻². Similarly, the most widespread soil type in Brazil, the Ferralsols, the only one present in all climates, was highly variable, with the highest abundance was found in Cwb climate. This is likely due to the interaction with the land use systems sampled in these soils, since it was clear that native vegetation types tended to have lower abundances than managed systems in most climates. Furthermore, the low number of observations means that much more work must still be done in Brazil to properly address the relationships between soil types, land use systems, climates and earthworm populations.

The exploration of the relationships between earthworms and soil conditions revealed very few significant relationships, and that these were not always linear. This is to be expected, considering the multivariate environment in which the earthworms live. With the reduced multivariate dataset of earthworm density ($n = 411$), pH and base contents appeared to be important, although the % variation explained by the model was very low. Similarly, using the more complete datasets for earthworms density also showed the importance of lower exchangeable acidity, and higher base saturation, P contents, and C:N ratios in positively influencing earthworm population, although r - values were very low. In terms of biomass, the relationships often seemed inverse, so that what appeared to be better for earthworm abundance, was not necessarily for earthworm biomass. The reasons for this are not yet clear, but are likely to be related to different preferences of earthworm species, and their different biomasses, so that in crop systems, where earthworms tend to be smaller, the relationships to soil fertility are clearer, where factors that generally enhance soil fertility also increase earthworm abundance. However, because these earthworms tend to be smaller, the effect on earthworm biomass is not so important. On the other hand, in soils generally considered to be poorer for agriculture, but often with higher Ca and lower Ca and P contents, typical of soils of native vegetation sites in Brazil (forest, grasslands, Cerrado), earthworm biomass may be higher, but not related with soil fertility.

The handsorting method most extensively used in the tropics to sample earthworm, the TSBF method (Anderson and Ingram, 1993), appears to be efficient for assessing earthworm densities, according to the data in the database. Higher densities were recovered using 5-10 samples, which is the standard, although no significant differences were observed with other sample sizes. However, it does not appear to be that efficient for measuring biomass, since biomass was positively related with sample effort, and high efforts resulted in the highest biomass. It is known that larger samples may be needed in many cases, particularly when there are larger or faster moving earthworms present at the site (Baretta et al. 2007; Caballero, 1975). Therefore, sampling must be "tailored" to the earthworm community present at the site, and higher sampling effort may be needed, particularly if *minhocuçu*s (large earthworms) are present.

The use and management of the soil strongly affects the earthworm density. In the crop systems, as in Af climate in Amazonia and Atlantic Forest (FIGURE 4) the pastures significantly differed of the soil uses to crop systems. The Integrated Production System (IPS) and pastures provide a better condition for earthworm community development. It is because of the low disturbance made in this soil (Bartz et al., 2014b).

As previously mentioned about the same climate in different biome, the same soil in distinct climates can have a specific effect on the community.

3.9 CONCLUSIONS

The build of this data base founds several difficulties that had reflect to statistical analysis. The data set have gaps in some important attributes as N, C and until soil classes. The few data of n showed differences to biomass of earthworms. This variation for many times was related by the low number of people working and sometimes for the few conditions to do the analysis. We think that with this data base could be imputed more information and still including the earthworm species to elevate the weight of this work. Extensively analysis will be done separating the ecosystems and soil classes for each place and with more information this data base will server many researches and farmers. It is the next step, but about the species identification most of than are from south Brazil, place where live the only one

Brazilian taxonomist (M. Bartz). We could to test many conditions of soil and environment in Brasil and hence we can tell that the communities of earthworms are sensitives for many kinds of stress that involves their “home”.

3.9.1 REFERENCES

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ANDERSON, J.; INGRAM, J. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2 ed. ed. Wallingford: CAB International, 1993. v. 1.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L.; WILDNER L. do P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97–106, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna Edáfica e Qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 119–170, 2011.

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

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G. da, FILHO, O. K.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 880–887, 2014b.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. D. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928–933, 2009.

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.

BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797–809, 2014.

BOLKER, B. Likelihood and all that Parameter estimation : single distributions. In: BOLKER, B. M. (Ed.). . **Ecological Models and Data in R**. Princeton University Press, 2008. p. 341–408.

BROWN, G.; BRANDÃO, JR. O.; SARIDAKIS, G. P.; BENITO, N. P.; ALBERTON, O.; TORRES, E. **Efeito de diferentes preparos do solo na macrofauna edáfica de um Latossolo Vermelho distroférico em Londrina, Pr.** 2nd World Congress Conservation Agriculture. **Anais...**Foz do Iguaçu - PR: 2003

BROWN, G. G. & JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). . **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. 1ª ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 397–402.

CABALLERO, M. E. L. S. Bionomia de Oligochaeta Terrestres da Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 762–765, 1975.

CARDOSO, E. J. B. N.; LEANDRO, R.; VASCONCELLOS, F.; BINI, D.; YUMI, M.; MIYAUCHI, H.; ALCANTARA, C.; ROGER, P.; ALVES, L.; PAULA, A. M. de; NAKATANI, A. S.; NOGUEIRA, M. A. Soil health : looking for suitable indicators . What should be considered to assess the effects of use and management on soil health ? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289, 2013.

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

FAO. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. **Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos**, v. 103, p. 117, 2007.

IBAMA. **Pesticides and associated: sales history from 2000 to 2012**. Brasilia - DF; 2012.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2ª. Rio de Janeiro - RJ; 2007.

JOHNSON, P. E. **GLM with a Gamma-distributed Dependent Variable** [Internet]. 2014.

JUNIOR, J. B. T. **Manual para interpretação de análise de solo**. Editora Agropecuária, 1997.

LANDON, J. R. **Booker tropical soil manual: A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics**. 1. ed. London: Longman Scientific and Technical, Essex, 1991.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, W.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**. v. 33, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, 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. S3–S15, 2006.

LAVELLE, P.; GILOT, C.; FRAGOSO, C.; PASHANASI, B. Soil Fauna and Sustainable Land Use in the Humid Tropics. In: Greenland DJ, Szabolcs I, organizadores. **Soil Resilience and Sustainable land Use**. 1994, CAB International.

LAVELLE, P. **Assessing the abundance and role of invertebrates communities in tropical soils: Aims and methods**. (S. I. Ghabbour, R. C. Davis, Eds.) Seminar on Resources of Soil Fauna on Egypt and Africa. **Anais...Cairo - Egypt: Journal of African Zoology**, 1988a

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

LIMA, A. C. R. DE; BRUSSAARD, L. Earthworms As Soil Quality Indicators : Local and Scientific Knowledge in Rice Management. **Acta Zoologica Mexicana**, n. Numero Esp. 2, p. 109–116, 2010.

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011–1020, 2009.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; JUNIOR, J. de D. G. S.; SÁ, M. A. C. de.; BERGAMACHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de Sistemas Agrícolas nos atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano**. DOCUMENTOS 228 - Embrapa. Planaltina-DF; 2008.

MARICHAL, R.; MARTINEZ, A. F.; PRAXEDES, C.; RUIZ, D.; CARVAJAL, A. F.; OSZWALD, J.; DEL PILAR HURTADO, M.; BROWN, G. G.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. **Applied Soil Ecology**. v. 46, p. 443–449, 2010.

MYERS, N.; MIITTERMEIER, R. A.; MIITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.

NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Earthworm diversity in four land use systems in the região of Jaguapitã, Paraná State , Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 331–338, 2006.

OCDE/FAO. Brazilian agriculture: prospects and challenges. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, p. 61–108, 2015.

PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 33, p. 7–18, 2012.

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

R CT. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<http://www.R-project.org/>>. 2014;

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999.

RÖMBKE, J.; SCHMIDT, P.; HÖFER, H. The earthworm fauna of regenerating forests and anthropogenic habitats in the coastal region of Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1040–1049, 2009.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de. Earthworm ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no fire agri ecosystems from eastern brazilian amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 117–134, 2010.

RUTGERS, M.; ORGIAZZI, A.; GARDI, C.; RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; KEITH, A. M.; NEILSON, R.; BOAG, B.; SCHMIDT, O.; MURCHIE, A. K.; BLACKSHAW, R. P.; PÉRÈS, G.; CLUZEAU, D.; GUERNION, M.; BRIONES, M. J. I.; RODEIRO, J.; PIÑEIRO, R.; COSÍN, D. J. D.; SOUSA, J. P.; SUHADOLC, M.; KOS, I.; KROGH, P. H.; FABER, J. H.; MULDER, C.; BOGTE, J. J.; VAN WIJNEN, H. J.; SCHOUTEN, A. J.; ZWART, D. de. Mapping earthworm communities in Europe. **Applied Soil Ecology**. v. 97, p. 98–111, 2016.

SANTOS, E. dos; VARGAS, G. R. de; FILHO, N. R. de M.; BROWN, G. G. Comparação entre diferentes métodos de coleta de minhocas em dois diferentes sistemas florestais. **Scientia Vitae**2, v. 3, n. 12, p. 34–40, 2016.

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**. V. 36, p. 673–677, 2006.

STATSOFT Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. 2011.

TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligochaeta edáfico *Amyntas* SPP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409–415, 2000.

4 CONCLUSÕES GERAIS

A presença de minhocas no solo, para muitos agricultores e jardineiros ao redor do mundo, é relacionada a solos fértil. Esses animais realizam diversos serviços ecossistêmicos, que resultam em solos com boa estrutura, fertilidade e conseqüentemente boa produtividade. De fato, em muitos países elas já são usadas como bioindicadores de qualidade do solo, mas no Brasil esse tipo de abordagem ainda é pouco explorado. Para que esse cenário seja alterado e as minhocas possam ser realmente reconhecidas como animais benéficos ao solo, muitos estudos com objetivos bem definidos, devem ser conduzidos.

Foi realizado uma revisão bibliográfica a nível nacional, que reuniu 168 trabalhos entre publicados e não que foram selecionados para se analisar as interações entre as minhocas e diversos atributos ambientais, edáficos e das minhocas. Os tipos climáticos, biomas, sistemas de uso e manejo do solo, bem como suas características físicas e químicas foram reunidos e analisados em conjunto. Porém nem todos os dados utilizados neste estudo foram publicados e, portanto, os pesquisadores que disponibilizaram essas informações foram incluídos como autores em uma parte deste trabalho.

Com o objetivo de se saber, qual o estado da arte, dos estudos da fauna edáfica que incluíram as minhocas nos trabalhos e entender os propósitos e relacionamentos estudados, em uma primeira parte, apenas os trabalhos publicados em artigos científicos, anais de congressos e teses ou dissertações (128 trabalhos) foram usados. Discutiu-se, a criação de um padrão de coletas, que devem ser feitas com maior rigor e assim enriquecendo as informações obtidas. Verificou-se uma grande inconsistência na geração de dados de um estudo para o outro, sendo apenas o município, o estado a vegetação, ou cobertura do solo no momento da coleta, integralmente informados nos trabalhos. A data de coleta, que pode informar sobre a sazonalidade do local vem em seguida, aparecendo em 84 % dos trabalhos, mas, que nem sempre é usada pelos autores para se descrever as temperaturas e precipitações anuais nos locais de coleta (58 % e 60 % respectivamente).

As coordenadas geográficas, foram descritas em pouco mais da metade dos trabalhos (64 %) e podem ser relevantes para se buscar o tipo de vegetação, tipo de solo e o clima da região. As variáveis associadas as minhocas, como o tamanho e profundidade das trincheiras (99 % e 98 %) e número de escavações (96 %) por

local foram bem representados. Contudo, a biomassa das minhocas foi avaliada em apenas 31 % dos trabalhos, juntamente com a identificação das espécies (26 %) que são importantes para descrição da efetiva relação das minhocas com os solos desses locais. O mesmo ocorreu com os atributos químicos e físicos dos solos, que tiveram baixa representatividade nos estudos, variando desde 14 % de informações sobre o N dos solos coletados, 52 % e 55 % de dados de P e C, apenas 59 % dos trabalhos fizeram análise de pH do solo. A granulometria dos solos foi descrita em 37% dos trabalhos em média, sendo que 54 % dos autores informaram a classe textural e, portanto, era possível informar separadamente cada um dos atributos físicos.

Todo esse cenário seguiu na segunda parte do trabalho, onde se relacionaram todos os atributos compilados na base de dados com as populações de minhocas. O principal fator que influencia a densidade de minhocas em um local, é o tipo de clima. Este, também direciona a formação do bioma e tipo de solo em cada local e, portanto, usou-se um modelo hierárquico para realização das análises estatísticas, colocando-se o clima sempre como principal fator. Dos 9 tipos climáticos que contemplaram coletas de minhocas o clima Af foi o que demonstrou a maior densidade populacional de oligochaetas. Este é o típico clima tropical, não possui estação seca definida e, portanto, a umidade é fator importante para o desenvolvimento das comunidades de minhocas, mas a umidade do solo, devido a muito baixa representatividade não pode ser incluída nas análises (< 15 %).

Os tipos de uso do solo, demonstraram forte relação com as populações de minhocas, sendo aqueles com menores distúrbios, como o plantio direto e os sistemas integrados de produção, onde foram encontradas maiores densidades de minhocas. Neste sentido os tipos de solo também influenciaram fortemente as populações de minhocas, mas realmente não existem muitos trabalhos na literatura para se saber qual fenômeno pode ocorrer entre os tipos de solos e populações de oligochaetas.

Os atributos edáficos (químicos e físicos) já mencionados, tiveram alta variabilidade entre os trabalhos e com os dados obtidos para realização das análises, estes demonstraram fraca, porém, significativa correlação com as populações de minhocas. É o caso do C e do Ca ($p < 0,001$) além do N ($n = 413$), foi significativo quando correlacionado com as populações de minhocas.

Além de maiores esforços de coletas em regiões e biomas pouco representados no Brasil com coletas de minhocas, estas devem seguir padrões mais elaborados tentando retirar o máximo de informações de cada local. Além de conscientizar o maior número de pesquisadores para o real valor que estes organismos têm sobre os solos e o meio ambiente onde vivem.

5 REFERÊNCIAS GERAIS

ABE, A. S.; BUCK, N. Oxygen uptake of active and aestivating earthworm *Glossoscolex paulistus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 81A, n. 1, p. 63–66, 1985.

AIRA, M.; DOMÍNGUEZ, J. Earthworm effects without earthworms: Inoculation of raw organic matter with worm-worked substrates alters microbial community functioning. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, 2011.

ALBERTON, J. V.; FILHO, L. C. I. de O.; VIAPIANA, C. M.; BIANCO, V. D.; MIQUELLUTI, D. J.; SANTOS, J. C. P. **Macrofauna do Solo em Áreas Reconstruídas após Mineração de Carvão**. Fertbio. **Anais**. Guarapari - ES: 2010

ALMEIDA, M. V. R. de; OLIVEIRA, T. S. de; BEZERRA, A. M. E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1080–1087, 2009.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, M. V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta**. [Dissertação]. Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2007.

ALVES M. V. **Propriedades físicas do solo e oligochaetas em diferentes sistemas de uso da terra no alto Solimões – AM**. [Tese]. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras; 2011.

ALVES, M. V.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; WILDNER, L. do P.; MANFROI, A. **Macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo**. *Fertbio, Anais*, Rio de Janeiro – RJ, 2002.

ANDERSON, J.; INGRAM, J. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2 ed. ed. Wallingford: CAB International, 1993. v. 1.

ANDRÉA, M. M. de. O uso de minhocas como bioindicadores de contaminação de solos. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 2, p. 95–107, 2010.

AQUINO, A.M. de; DIONÍSIO, J. A.; RESSETTI, R. R.; CORREIA, M. E. F.; NUNES, D. H.; PASINI, A. **Minhocas, Aspectos Gerais e Ecológicos em Sistemas Agrícolas**. Documentos 207. Seropédica-RJ; 2005.

AQUINO, A. M. de, RICCI, M. dos S; PINHEIRO, A. dos S. **Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF**. *Fertbio, Anais*, Santa Maria – RS, 2000.

ARAUJO A. O. **Avaliação de Propriedades Físicas dos Solos e da Macrofauna Edáfica em Áreas Submetidas a Manejo Florestal de Vegetação Nativa na Chapada do Araripe**. [Dissertação]. Fortaleza -CE: Universidade Federal do Ceará; 2010.

ARAUJO, Y. M. & LUIZÃO, F. J. **Populações de minhocas em experimento de manipulação de liteira em solos de capoeira na amazônia central**. 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. *Anais...Uberlândia - MG*: 1999.

ARAÚJO, V. F. P.; BANDEIRA, A. G.; VASCONCELLOS, A. Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 737–746, 2010.

AYRES, I.; GUERRA, R. T. Água como fator limitante para minhocas (Annelida, Oligochaeta) da Amazonia Central. **Acta Amazonica**, v. 11, n. 1, p. 77–86, 1981.

AZEVEDO, P. T. M.; BROWN, G. G.; BARETTA, D.; PASINI, A. & NUNES, D. H. Populações de minhocas amostradas por diferentes métodos de coleta (elétrico, químico e manual) em ecossistemas da região de Londrina, Paraná, Brasil. in **Uso de las lombrices de tierra como bioindicadoras ambientales: principios y prácticas** 79–93 (2010).

AZEVEDO, V. F. de; LIMA, D. A. de; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de & SANTOS, H. P. dos. **Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto médio do Rio Grande do Sul**. *Fertbio. Anais...Santa Maria - RS*: 2000.

BAHL, K. N. Excretion in the oligochaeta. **Zoological Reviews**, v. 22, p. 109–147, 1947.

BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 191–204, 1998.

BARETTA, D. **Fauna edáfica como bioindicadora da qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia no Estado de São Paulo**. [Tese]. Piracicaba - SP: Universidade de São Paulo - ESALQ, 2007.

BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using collection methods in atlantic forests with Araucaria angustifolia. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 4, p. 384–392, 2007.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L.; WILDNER L. do P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 2, n. 2, p. 97–106, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO L. C. I.; ALVES, M. V. Fauna Edáfica e Qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 119–170, 2011.

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; BARTZ, M. L. C. **Riqueza de espécies de minhocas em Sistema de Uso do Solo em Santa**. 25º Seminário de Iniciação Científica. **Anais...Universidade do Estado de Santa Catarina**, 2013

BARETTA, D.; TESTA, M.; ROCHA, E.; LUCIANER, E.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; SIMIONI, F. J.; PAIANO, D.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L. do P.; VEIGA, M. da. **As minhocas e suas relações com atributos físico-químicos no Oeste e Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina**. 3º SEPE (Simpósio de ensino, pesquisa e extensão - CEO/UDESC). **Anais...2013b**

BAROIS, I.; LAVELLE, P. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrurus* (glossoscolecidae, oligochaeta). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, n. 5, p. 539–541, 1986.

BARRIGOSI, J. A. F.; BROWN, G. G.; PEDRETTI JR, C. **Minhocas em arroz irrigado: pragas ou benéficas?** 6º Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. **Anais...Porto Alegre - RS: 2009**

BARRION, A. T.; LITSINGER, J. A. *Dichogaster nr. curgensis* Michaelsen (Annelida: Octochaetidae): An earthworm pest of terraced rice in the Philippine Cordilleras. **Crop Protection**, v. 16, n. 1, p. 89–93, 1997.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273–280, 2003.

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

BARROS, M. E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. **Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central**. Congresso Latino-Americano de Ciências do Solo. **Anais...Piracicaba - SP: 1996**

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G. da, FILHO, O. K.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ORSO, R.; MAFRA, Á. L.; BARETTA, D. The influence of land use systems on soil and surface litter fauna in the western region of Santa Catarina. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 880–887, 2014b.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. D. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928–933, 2009.

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; MELLO, I.; BORTOLUZZI, J.; TAMIOZZO, T.; PILECCO, O. P.; LUTZ, R. A. de T. **Minhocas como bioindicadores de qualidade do sistema plantio direto na palha**. 4º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas. **Anais...Curitiba - PR**: 2010

BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; LIMA, A. C. R. de, GASSEN, D. N. As minhocas e o manejo do solo: o caso do plantio direto do arroz irrigado. **Revista Plantio Direto**, v. 1, p. 4–8, 2009.

BARTZ, M. L. C.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; BROWN, G. G. New earthworm species of *Glossoscolex* Leuckart, 1835 and *Fimoscolex* Michaelsen, 1900 (Clitellata: Glossoscolecidae) from Northern Paraná, Brazil. **Zootaxa**, v. 3458, p. 59–85, 2012.

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworm richness, abundance and biomass in different land use systems in northern Paraná, Brazil (Oligochaeta). In: **Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta)**. Palmeira do Faro – Portugal, p. 59–73.

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.

BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797–809, 2014.

BATISTA, I. **Atributos Edáficos e Fauna do Solo em Áreas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Cerrado, Mato Grosso do sul. [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011

BENAZZI, E. DOS S. **Produtividade, Fertilidade e Fauna do Solo em um Argissolo Amarelo Cultivado com Cana-de-Açúcar sob Diferentes Sistemas de Colheita [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.

BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. D. F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em latossolo vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 473–484, 2008

BENITO, N. P. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo em áreas agrícolas de jaguapitã - PR. [Tese]**. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2005.

BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre a macrofauna invertebrada do solo. [Dissertação]**. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2002.

BENITO, N. P.; BOBILLIER, B.; BROSSARD, M.; PASINI, A. Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no Cerrado. **CD soil pastures**, n. 1, p. 1–5, 2000.

BENITO, N. P.; BROSSARD, M.; PASINI, A.; GUIMARÃES, M. D. F.; BOBILLIER, B. Transformations of soil macroinvertebrate populations after native vegetation conversion to pasture cultivation (Brazilian Cerrado). **European Journal of Soil Biology**. v. 40, p.147–154, 2004.

BENTO, M. A. B. **Avaliação Da Qualidade Dos Substratos Minerados Em Cinco Cascalheiras Revegetadas No Distrito Federal. [Dissertação]**. Brasília – DF: Universidade de Brasília; 2009.

BIANCHI, M. O.; AQUINO, A. M.; ALMEIDA, E. **Distribuição vertical da macrofauna do solo em várias safras do milho agroecológico em área do produtor familiar**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Gramado - RS: 2007**

BIANCHI, M. de O. **Avaliação da Funcionalidade do Solo em Sistemas Florestais Enriquecidos com Leguminosas. [Dissertação]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

BLANCHART, E.; BERNOUX, M.; SARDA, X.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M.; DOUZET, J-M.; SCOPEL, E.; FELLER, C. Effect of Direct Seeding Mulch-Based Systems on Soil Carbon Storage and Macrofauna in Central Brazil. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 72, n. 1, p. 81–87, 2007.

BOLKER, B. Likelihood and all that Parameter estimation: single distributions. In: BOLKER, B. M. (Ed.). **Ecological Models and Data in R**. Princeton University Press, 2008. p. 341–408.

BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118–124, 2015.

BOUCHÉ, M. B. **Strategies lombriciennes**. *Ecol Bull.* 1977; 25:122–132.

BRAGA, D. P. P. **Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas , em São Félix do Xingu. [Dissertação]**. Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2015.

BRIGANTE, J. **Comparação de Algumas Comunidades de Macrofauna e Microrganismos de Solo, Encontradas em Áreas de Mata e Pastagens, em um Latossolo. [Tese].** São Carlos – SP: Universidade Federal de São Carlos; 2000.

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 and Biochemistry**. V. 40, p. 554–557, 2008.

BRIONES, M. J.; SCHMIDT, O. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 12, n. 10, p. 3218–3221, 2017.

BRITO, M. F. de.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; da SILVA, R. F. & MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253–260, 2016.

BROSSARD, M.; FREGONEZI, G. A. de F.; GUIMARÃES, M. de F.; MEDINA, C. de C.; PASINI, A.; VILELA, L.; AYARZA, M. A. Analysis of an illustrative interaction between structural features and earthworm populations in Brazilian ferralsols. **Comptes Rendus - Geoscience**, v. 344, n. 1, p. 41–49, 2012.

BROWN, G.; BRANDÃO, JR. O.; SARIDAKIS, G. P.; BENITO, N. P.; ALBERTON, O.; TORRES, E. **Efeito de diferentes preparos do solo na macrofauna edáfica de um Latossolo Vermelho distroférico em Londrina, Pr.** 2nd World Congress Conservation Agriculture. **Anais...Foz do Iguaçu - PR: 2003**

BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. D. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764–771, 2003b.

BROWN, G. G.; CALLAHAM, M. A.; NIVA, C. C.; FEIJOO, A.; SAUTTER, K. D.; JAMES, S. W.; FRAGOSO, C.; PASINI, A.; SCHMELZ, R. M. Terrestrial oligochaete research in Latin America: The importance of the Latin American Meetings on Oligochaete Ecology and Taxonomy. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 2–12, 2013.

BROWN, G. G.; DOMINGUEZ, J. **Uso da minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas - O 3º encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligochaetas.** México: 2010, v. 26

BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia.** 1ª. Londrina: Embrapa Soja; 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. 3, p. 339–358, 2006.

BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo-SP e Adrianópolis. **DOCUMENTOS 184 - Embrapa**, 2009.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S.; NADOLNY, H.; CARDOSO, G.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E. da, ANTONIOLLI, Z. I.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; CARVALHO, J. P. S. F. Biodiversidade da Fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: Parron LM, Garcia JR, Oliveira EB, Brown GG, Prado RB, organizadores. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. 1º ed Brasília-DF: Embrapa; 2015. p. 122–154.

BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N, P.; AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F. **Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems: A preliminary analysis**. Montreal Symposium. **Anais...**Montreal - Canada: 2001

BROWN, G. G.; RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; VERHAAGH, M.; SAUTTER, K. D.; SANTANA, D. L. de Q. Biodiversity and function of soil animals in brazilian agroforestry systems. In: **Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável**. 2006. p. 217–242.

BROWN, G. G. & JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. 1ª ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 397–402.

BROWN, G.G; BAROIS, I; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, p. 177–198, 2000.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, É. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELINI, G.; TORRES, E. Avaliação de populações de minhocas (Annelida: Oligochaeta) em sistemas agrícolas e naturais, e seu potencial como bioindicadores ambientais. In: Saraiva O. F, organizador. **Resultados de Pesquisa da Embrapa Soja 2003. Manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. DOCUMENTOS 253**. 1. ed. Londrina-PR: 2004, p. 33–46.

BUCH, A. C.; CORREIA, M. E. F.; TEIXEIRA, D. C.; SILVA-FILHO, E. V. Characterization of soil fauna under the influence of mercury atmospheric deposition in Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 32, n. 2006, p. 217–227, 2015.

CABALLERO, M. E. L. S. Bionomia de Oligochaeta Terrestres da Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 762–765, 1975.

CABALLERO, M. E. S. **Bionomia dos Oligochaeta terrestres da região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo. [Tese]**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; 1973.

CABALLERO, M. E. S. Influência dos fatores hídricos sobre a biomassa de *Pheretima hawayana* e *Pontoscolex corethrurus* (Annelida, Oligochaeta). **Zoo Intertrópica**, v. 2, p. 1–11, 1979.

CAMARGO, F. F.; SANTOS, A.; XARÃO, G. B.; NADOLNY, H.; ASSUNÇÃO, R. R.; NEGRETTI, T. F. M.; NEGRETTI, B. D.; FROUFE, L. C. M.; BROWN, G. G. **Comunidades de Minhocas em diferentes tipos de uso do solo localizados na Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira- MG. ELAETAO 5. Anais...**Curitiba – PR: 2014

CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG. [Tese]**. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras; 2016.

CAMPOS, B. C. de; PESSOA, A. C. S.; FIGUEIREDO, L. G. B.; GOY, C.; VOGT, A. I.; NEUSSER, C.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. **Estudo da mesofauna do solo em espécies vegetais antecedendo milho no sistema de plantio direto**. 24º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Rio de Janeiro – RJ, 1997

CARDOSO, E. J. B. N.; LEANDRO, R.; VASCONCELLOS, F.; BINI, D.; YUMI, M.; MIYAUCHI, H.; ALCANTARA, C.; ROGER, P.; ALVES, L.; PAULA, A. M. de; NAKATANI, A. S.; NOGUEIRA, M. A. Soil health : looking for suitable indicators . What should be considered to assess the effects of use and management on soil health ? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289, 2013.

CARDOSO, G. B. X.; NADOLNY, H.; FEIJOO, A.; BROWN, G. G. Earthworm population in an altitudinal gradient of the coastal Atlantic Rainforest in Paraná State southern Brazil (Oligochaeta). In: PAVLÍČEK, T. et al. (Eds.). . **6th International Oligochaeta Taxonomy Meeting**. Palmeira do Faro-Portugal: Kasperek Verlag, Germany, 2014, v. 1, p. 74–86.

CARTER, G. S.; BEADLE, L. C. The fauna of the swamps of the Paraguayan chaco in relation to its environment - Respiratory adaptation in the Oligochaeta. **Linnean Society's Journal - Zoology**, v. 37, n. 253, p. 379–386, 1931.

CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos. [Tese]**. Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas; 2010.

CORDEIRO, F.; DIAS, F. D. C.; MERLIM, A. do; CORREIA, M. E.; AQUINO A. M. de; BROWN, G. Diversidade da Macrofauna Invertebrada do Solo como Indicadora da Qualidade do Solo em Sistema de Manejo Orgânico de Produção. **Revista Universitaria Rural**, v. 24, n. 2, p. 29–34, 2004.

CORDERO, E. H. Oligoquetos Sudamericanos de la Familia Glossoscolecidae II: Dos Nuevas Especies de Rhinodrillus Del Nordeste Del Brasil. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 6, 1943.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1435–1443, 2010.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. DE. Fauna de Solo: aspectos gerais e metológicos. **Documentos 112**, v. 1, n. 1, p. 46, 2000.

CORREIA, M. E. F.; LIMA, D. A.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. & TAVARES, S. R. L. **Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro**. O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224. **Anais...Seropédica-RJ: Embrapa**, 2003.

CORREIA, M. E. F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. **Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ**. O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224. **Anais...Londrina - PR: Embrapa Soja**, 2003b

COSTA, P. da, COSTA, M. I. da S.; AMARAL, M. da C.; JÚNIOR, M. M. **Macrofauna edáfica em sistemas agroflorestais e outros sistemas de uso da terra em Roraima - Resultados iniciais. Comunicado Técnico 18**. Boa Vista - RR: Embrapa, 2004.

COSTA, P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo**. Documentos 02, Embrapa Roraima, 1 ed., 2004.

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

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

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brasil. In: **Soil & Tillage Research**. p. 253–263, 1986.

DIAS, A. M.; SILVA, R. F. da; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. **Caracterização da macrofauna invertebrada do solo sob diferentes fitofisionomias do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Fertbio. **Anais...Bonito - MS: 2006**

DIAS, P.; SOUTO, S.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. de M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 37, n. 1, p. 38–44, 2007.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. D. M.; FRANCO, A. A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 41, p. 1015–1021, 2006b.

DIAS, V. S.; BROSSARD, M. & ASSAD, M. L. L. **Macrofauna edáfica invertibrada em áreas de vegetação nativa da região de Cerrados**. III Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...**Brasília-DF: 1997

EDWARDS, C. A. **Earthworm Ecology**. 2ª ed., CRC Press, 1994.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de solo [DOCUMENTOS 132]**. 2ª ed. Rio de Janeiro - RJ: Embrapa Solos, 2011.

FAO. **Guidelines for Soil Description**. 1. ed. Rome - Italy: FAO, 2006. v. 1

FAO. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. **Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos**, v. 103, p. 117, 2007.

FALCO, L. B.; SANDLER, R.; MOMO, F.; Di CIOCCO, C.; SARAVIA, L.; COVIELLA, C. Earthworm assemblages in different intensity of agricultural uses and their relation to edaphic variables. **PeerJ**, v. 3, n. May, p. e979, 2015.

FERNANDES, J. de O. **Minhocas como indicadores ambientais em ecossistemas agrícolas. [Dissertação]**. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina; 2009.

FERNANDES, J. O.; UEHARA-PRADO, M.; BROWN, G. G. Minhocas exóticas como indicadoras de perturbação antrópica em áreas de Floresta Atlântica. **Acta Zoológica Mexicana**, v. Número Esp. 2, p. 211–217, 2010.

FERREIRA, S. de A. **Avaliação visual da estrutura e macrofauna edáfica em sistemas de uso do solo no subtropical brasileiro. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2015.

FERREIRA, C. dos R.; CORREIA, M. E. F.; REZENDE, A. S. de & OLIVEIRA, R. S. de. **Composição da macrofauna do solo em dois fragmentos florestais no município de Itaboraí - RJ**. Fertbio. **Anais...**Maceió - AL: 2012

FILHO, L. C. L. de O. **Produção de Alface e Rabanete, sob Adubação Orgânica em Ambiente Protegido. [Dissertação]**. Pelotas - RS: Universidade Federal de Pelotas, 2009

FONTES, M. P. F. Intemperismo de Rochas e Minerais. In: KER, J. C. et al. (Eds.). **Pedologia Fundamentos**. 1. ed. Viçosa - MG: SBCS, 2012. p. 171–202.

FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; GONZÁLEZ, C.; ARTEAGA, C.; PATRÓN, J. C.; Relationship between earthworms and soil organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. In: Mulongoy, K.; Merckx, R. (Eds.). . **Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture**. 1. ed. Leuven: 1993, p. 231–239.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PASINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J. R. da; FRANÇA, C.; CARRARA, R. **Abundância e diversidade da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no Arenito Paranaense**. Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa. **Anais...**Brasília-DF: 2009

FRANCO, A. L. C.; BARTZ, M. L. C.; CHERUBIN, M. R.; BARETTA, D.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; WALL, D. H.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Loss of soil (macro)fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. **Science of the Total Environment**, v. 563–564, p. 160–168, 2016.

FREITAS, M. P. **Flutuação populacional de oligochaeta edáficos em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2007.

FRUND, H.-C. F.; GRAEFE, U.; TISCHER, S. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. In: KARACA, A. (Ed.). . **Biology of Earthworms**. Berlin: Springer, 2011. v. 24p. 261–278.

GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S. H.; RODRIGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Eds.). . **Aquatic biota of tropical South America. Part 2: Anarthropoda**. San Diego: San Diego State University, 1981. p. 170–190.

GIRACCA, E. M. N.; ELTZ, F. L. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; WENDLING, A.; VENTURINI, E. F. **Macrofauna em solo sob plantio direto com diferentes doses de calcário**. Reunião Brasileira de Ciência do Solo. **Anais...**Cuiabá-MT: 2005

GOIS, D. T. de; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; PRANDO, A. M.; TOLEDO, G. C. de; SOUZA, D. G. de. **Avaliação da macrofauna edáfica em áreas de reflorestamento de pinus com diferentes tipos de uso , no Litoral Catarinense**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Gramado-RS: 2007

GORTE, T. **Qualidade do solo em sistema plantio direto [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Positivo; 2016.

GUERRA, R. T.; SILVA, E. G. DA. Estudo das comunidades de minhocas (Annelida, Oligochaeta) em alguns ambientes terrestres do Estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 9, n. 2, p. 209–223, 1994.

GUERRA, R. T. Earthworm Activity in Forest and Savanna Soils Near Boa Vista, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 3, p. 303–308, 1994.

GUERRA, R. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593–601, 1994.

GUILD, W. J. M. **Studies on The Relationship Between Earthworms and Soil Fertility - The Effect of Soil Type on the Structure of Earthworm Populations**. 1948, v. 35

HARADA, A. Y.; BANDEIRA, A. G. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 1/2, p. 103–118, 1994.

HIPÓLITO, A. W.; SCHIAVON, G. DE A.; CARDOSO, J. H. **Análise de diversidade da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais**. 9º Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...**Belém - PA: 2015

HUERTA, E.; DIOS, D. DE LA O.-D.; NUNCIO, G. Incremento de la fertilidad del suelo mediante el uso de lombrices de tierra (Glossoscolecidae y Acanthodrilidae) y leguminosas (*Arachis pintoi*) en un suelo de traspatio. **Ciencia Ergo Sum**, v. 14, n. 2, p. 172–176, 2007.

HUERTA, E.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Enhancement of growth and reproduction of the tropical earthworm *Polypheretima elongata* (Megascolecidae) by addition of *Zea mays* and *Mucuna pruriens* var. *utilis* litter to the soil. **European Journal of Soil Biology**, v. 41, n. 1–2, p. 45–53, 2005.

IBAMA. **Pesticides and associated: sales history from 2000 to 2012**. Brasília - DF; 2012.

IBGE. **Biomass Brasileiros**. Brasília; 2004.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2º ed. 2012.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2ª. Rio de Janeiro - RJ; 2007.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Brasília - DF; 2015.

JARDEVESKI, R.; SILVA, V. P. DA. Minhocas em uma Pastagem Arborizada na Região Noroeste do Estado do Paraná, Brazil. **Boletim de Pesquisa Florestal - Embrapa Florestas**, v. 51, n. 1, p. 17–31, 2005.

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**, v. 42, n. SUPPL. 1, p. 225–230, 2006.

JOHNSON, P. E. **GLM with a Gamma-distributed Dependent Variable**. 2014.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as Ecosystem Engineers. **Oikos**, v. 69, n. 3, p. 373–386, 1994.

JOUQUET, P.; BLANCHART, E.; CAPOWIEZ, Y. Utilization of earthworms and termites for the restoration of ecosystem functioning. **Applied Soil Ecology**, v. 73, p. 34–40, 2014.

JUNIOR, J. B. T. **Manual para interpretação de análise de solo**. Editora Agropecuária, 1997.

KEMPER, B.; DERPSCH, R. **Estudos sobre susceptibilidade dos solos a erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná**. 3º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. **Anais...Recife - PE**: 1981

KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 1, n. 1, p. 253–267, 1980.

KLENK, L. A. **Macrofauna Invertebrada Edáfica em Pastagem com Pastoreio Rotativo Sob Diferentes Preparos Orgânicos Em Condições Subtropicais no Sul Do Brasil**. [Dissertação]. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2010.

KLOK, C.; FABER, J.; HEIJMANS, G.; BODT, J.; VAN DER HOUT, A. Influence of clay content and acidity of soil on development of the earthworm *Lumbricus rubellus* and its population level consequences. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, n. 5, p. 549–556, 2007.

KNAPPER, C. F. U.; PORTO, R. P. Ocorrência de Oligoquetas nos solos do Rio Grande do Sul. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 1, n. 1, p. 137–166, 1979.

KORASAKI, V.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; MATSUMURA, C. **Avaliação das populações de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e no Leste do Estado do Paraná**. **Documentos 296 - Embrapa**. 2008; 20–29.

KORASAKI, V.; BROWN, G. G.; PASINI, A. **Biodiversidade e Populações de Minhocas em Três Fragmentos de Mata Atlântica com Diferentes Níveis de Perturbação em Londrina, Paraná, Brasil**. 3º Encontro Latino-Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas. **Anais...Curitiba - PR**: 2007

KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 23, n. 1, p. 21–26, 1993

LANDON, J. R. **Booker tropical soil manual: A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics**. 1. ed. London: Longman Scientific and Technical, Essex, 1991.

LAOSSI, K-R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; CAROLINA RENDEIRO, A.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, v. 51, p. 397–407, 2008.

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

LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J-P. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 53–61, 2001.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, W.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world : the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159–193, 1997.

LAVELLE, P.; CHAUVEL, A. Faunal activity in acid soils. In: **Plant Soil Interactions at Low pH**. 1995, p. 201–211.

LAVELLE, P.; DECAËNS, 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. S3–S15, 2006.

LAVELLE, P.; GILOT, C.; FRAGOSO, C.; PASHANASI, B. Soil Fauna and Sustainable Land Use in the Humid Tropics. In: Greenland DJ, Szabolcs I, organizadores. **Soil Resilience and Sustainable land Use**. 1994, CAB International.

LAVELLE, P.; KOHLMANN, B. Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). **Pedobiologia**, v. 27, p. 377–393, 1984.

LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5–6, p. 419–427, 2003.

LAVELLE, P.; LATTAUD, C.; TRIGO, D.; BAROIS, I. Mutualism and biodiversity in soils. **Plant and Soil**, v. 170, n. 1, p. 23–33, 1995.

LAVELLE, P.; MAURY, M. E.; SERRANO, V. Estudio cuantitativo de la fauna del suelo en la región de Laguna Verde, Veracruz: Época de lluvias. **Instituto de Ecología de México**, v. 6, p. 75–105, 1981.

LAVELLE, P. **Assessing the abundance and role of invertebrates communities in tropical soils: Aims and methods**. (S. I. Ghabbour, R. C. Davis, Eds.) Seminar on Resources of Soil Fauna on Egypt and Africa. **Anais...Cairo - Egypt: Journal of African Zoology**, 1988a

LAVELLE, P. Diversity of Soil Fauna and Ecosystem Function. **Biology International**, v. 9, n. 33, p. 3–16, 1996.

LAVELLE, P. Earthworm activities and the soil system. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, n. 3, p. 237–251, 1988b.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil Ecology**. 1. ed. USA: 2001.

LAVERACK., M. S. **The Physiology of Earthworms**. New York: The Macmillan Company, 1963.

LEE, K. E. **Earthworms - Their ecology and relationships with soils and land use**. 1985.

LEE, KE. **Ecological strategies of earthworms**. 1987.

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

LIMA, D. de; SANTOS, A. M. B. dos; PASINI, A.; BODNAR, A.; GARCIA, A.; OLIVEIRA, A. B. de; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; GOMES, C. R.; SEIXAS, C. D. S.; TORRES, E.; PELIZZARO, E. C.; BROWN, G. G. Produção integrada de Soja. In: Zambolim, L. et al. (Eds.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimentos seguros**. 1. ed. Brasília - DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. p. 813–848.

LIMA, D. A. de; CORREIRA, M. E. F.; SANTOS, H. P. dos; AQUINO, A. M. de; MANTO, L.; FONTANELI, R. S. **Influência de diferentes sistemas de preparo de solo e rotações de culturas sobre a macrofauna do solo em Passo Fundo, Rio Grande do Sul**. Fertbio. **Anais...2002**

LIMA, O. G. de. **Indicadores Físicos, Químicos E Biológicos Da Qualidade Do Solo Em Plantios Florestais E Floresta Ombrófila Mista Na Embrapa Florestas, Colombo-Pr [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2011.

LIMA, S. S. de; AQUINO, A. M. de; LEITE, L. F. C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 45, p. 322–331, 2010.

LIMA, S. S. de. **Impacto do Manejo Agroflorestal Sobre a Dinâmica de Nutrientes e a Macrofauna Invertebrada nos Compartimentos Serapilheira-Solo em Área de Transição no Norte do Piauí. [Dissertação]**. Terezina – PI: Universidade Federal do Piauí; 2008.

LIMA, A. C. R. DE; BRUSSAARD, L. Earthworms As Soil Quality Indicators : Local and Scientific Knowledge in Rice Management. **Acta Zoologica Mexicana**, n. Numero Esp. 2, p. 109–116, 2010.

LINS-TEIXEIRA, A.; TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; WANDELLI, E. **Macro-Invertebrados do Solo em Capoeiras Trituradas Usadas Como Alternativa ao Uso do Fogo no Assentamento Tarumã-Mirim**. VIII Congresso De Ecologia Do Brasil. **Anais...Caxambu - MG: 2007.**

LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. da; SILVA, D. A. da; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 17–22, 2007.

LUIZÃO, R. C. C.; BARROS, E.; LUIZÃO, F. J.; ALFAIA, S. S. **Soil biota and nutrient dynamics through litterfall in agroforestry system in Rondônia, Amazônia, Brazil**. International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture -Documentos 182. **Anais...Londrina - PR: Embrapa Soja, 2002**

MADEIRA, C. L.; ALVARENGA, M. I. N.; PINHEIRO, L. B. A. **Efeito da produção de fitomassa na fauna de solo sob lavoura cafeeira em sub-bosque de araucária (Araucaria angustifolia L .).** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Uberlândia - MG: 2010**

MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. de S.; BAYER, C. **Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava-PR**. XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. **Anais...Cuiabá-MT: 2002.**

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. 1. ed. São Paulo - SP: Ed. Agronômica Ceres, 2006. v. 1

MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011–1020, 2009.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; JUNIOR, J. de D. G. S.; SÁ, M. A. C. de.; BERGAMACHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de Sistemas Agrícolas nos atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano**. DOCUMENTOS 228 - Embrapa. Planaltina-DF; 2008.

MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; BENITO, N. P.; SANTOS, B. D. dos. **Macrofauna Edáfica Sob Diferentes Sistemas De Manejo Num Neossolo Quartzarênico Do Cerrado Do Oeste Baiano**. IX Simpósio Nacional Cerrado & II Simpósio Internacional Savanas Tropicais. **Anais...Parla Mundi - DF: 2008**

MARCHINI, D. de C.; ALVES, M. C.; PINTO, C. C.; OLIVEIRA, C. O. e; FILHO, S. N. S.; ARRUDA, O. G. de; BONINI, C. dos S. B. **Uso da macrofauna como indicador biológico de um Latossolo vermelho em recuperação**. 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Uberlândia - MG: 2010**

MARCHIORI, A. C. C. **Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Gengibre (*Zingiber officinale* R.) Consorciado com Leguminosas no Bioma Mata Atlântica em Ubatuba. [Tese].** Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.

MARICHAL, R.; MARTINEZ, A. F.; PRAXEDES, C.; RUIZ, D.; CARVAJAL, A. F.; OSZWALD, J.; DEL PILAR HURTADO, M.; BROWN, G. G.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; DECAËNS, T.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Invasion of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) in landscapes of the Amazonian deforestation arc. **Applied Soil Ecology**. v. 46, p. 443–449, 2010.

MARQUES, D. M.; SILVA, L. M. da. **Macrofauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, no Município de Campos Gerais – MG. [TCC].** Faculdade de Ciências e Tecnologias de Campos Gerais; 2011.

MARTIN, A.; MARIOTTI, A.; BALESSENT, J.; LAVELLE, P. Soil organic matter assimilation by a geophagous tropical earthworm based on delta ¹³C measurements. **Ecology**, v. 73, n. 1, p. 118–128, 1992.

MARTIN, N. A. Earthworm biomass: Influence of gut content and formaldehyde preservation on live-to-dry weight ratios of three common species of pasture lumbricidae. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, n. 3, p. 245–250, 1986.

MASCHIO, W. **População de minhocas em plantios de *Eucalyptus* spp. e efeitos de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) e *Amyntas gracilis* (Megascolecidae) sobre o crescimento de mudas de *Eucalyptus* spp. em casa de vegetação. [Dissertação].** Curitiba - PR: Universidade Federal do Paraná; 2012.

MASCHIO, W.; BROWN, G.; SEOANE, C. E. S.; FROUFE, L. C. M. **Abundância e diversidade de minhocas em agroecossistemas da Mata Atlântica nos municípios do Litoral Paranaense - Morretes e Antonina. Elaetao 4. Anais...**Curitiba - PR: 2010

MASCHIO, W.; VEZZANI, F. M.; BROWN, G. G. Earthworm populations in *Eucalyptus* spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). In: **Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta)**. p. 114–126, 2014.

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

MENDES, R. R.; GOI, S. R.; AZEVEDO, R. A. B. DE. **Densidade de minhocas em sistema agroflorestal manejado com leguminosas fixadoras de nitrogênio. Fertbio. Anais...**Guarapari - ES: 2010

MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. D. M.; OLIVEIRA, I. P. de. Macrofauna Edáfica em Estádios Sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e Pastagem Mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 33, p. 1647–1656, 2009.

MENEZES, C. E. G. **Integridade de Paisagem , Manejo e Atributos do Solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. [Tese]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.

MERLIM, A. D. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. de. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 57–61, 2005.

MERLIM, A. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP. [Dissertação]**. Piracicaba - SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005.

MOTTA, A. C. V.; MELO, V. DE F. Química dos solos ácidos. In: MELO, V. DE F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e Mineralogia do Solo - Parte II - Aplicações**. 1. ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 313–371.

MOURA, E. G.; AGUIAR, A. das C. F.; PIEDADE, A. R.; ROUSSEAU, G. X. Contribution of legume tree residues and macrofauna to the improvement of abiotic soil properties in the eastern Amazon. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 91–99, 2014.

MYERS, N.; MIITTERMEIER, R. A.; MIITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–8, 2000.

NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Earthworm diversity in four land use systems in the region of Jaguapitã, Paraná State , Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 331–338, 2006.

NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental. Um estudo de caso na região de Jaguapitã, PR, Brasil. In: George G. Brown; Carlos Fragoso (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. 1. ed. Londrina - PR: Embrapa Soja, 2007. p. 467–480.

NUNES, D. H. **Espécies de minhocas em ecossistemas degradados de jaguapitã – PR. [Dissertação]**. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina; 2006.

OCDE/FAO. Brazilian agriculture: prospects and challenges. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, p. 61–108, 2015.

OJHA, R. B.; DEVKOTA, D. Earthworms: “Soil and Ecosystem Engineers” – a Review. **World Journal of Agricultural Research**, v. 2, n. 6, p. 257–260, 2014.

OLIVEIRA, C. C. de. **Inferência ambiental do sombreamento da araucária (Araucaria angustifolia L.) na lavoura cafeeira. [Dissertação]**. Itajubá - MG: Universidade Federal de Itajubá, 2012.

OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; ARAUJO, H. S. de. **Cultivo de mandioca em plantio direto e sua influência na dinâmica da biota do solo e na produtividade da cultura.** Fertbio. **Anais...**Rio de Janeiro - RJ: 2002

PAOLETTI, M. G.; BUSCARDO, E.; VANDERJAGT, D. J.; PASTUSZYN, A.; PIZZOFERRATO, L.; HUANG, Y-S.; CHUANG, L-T.; MILLSON, M.; CERDA, H.; TORRES, F.; GLEW, R. H. Nutrient content of earthworms consumed by Ye'Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 270, n. May 2002, p. 249–257, 2003.

PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1–3, p. 137–155, 1999a.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1–3, p. 1–18, jun. 1999b.

PASINI, A.; FONSECA, I. C. B.; BROSSARD, M. & GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MG, Brasil. In: **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224.** Londrina - PR: Embrapa, 2003.

PASQUALIN, L. A. **Influência Da Vinhaça E Do Método De Colheita Sobre a Macrofauna Edáfica Na Cultura Da Cana – De – Açúcar. [Dissertação].** Biologia (Bratisl). Curitiba - PR: Universidade Federal do Paraná; 2009.

PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 33, p. 7–18, 2012.

PEIXOTO, R. T. G.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um Latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti - PR. **Revista Plantio Direto**, 1996.

PEQUENO, P. L. de L.; ALMEIDA, C. M. V. V. de; MULLER, M.; LOCATELLI, M.; AMARAL, A. M. do; ARAÚJO, I. P. de. **Fauna edáfica em área degradada submetida a recuperação utilizando intercultivo cacau x coco em Rondônia.** 30 Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Recife - PE: 2004

PEREIRA, J. D. M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo [Tese].** Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2012.

PEREIRA, R. D. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA Cruz das Almas – Bahia. **Magistra**. v. 24, p. 63–76, 2012.

PEZARICO, C. R.; LOPES, S. de M.; SILVA, R. F. da; RANGEL, M. A. S.; MERCANTE, F. M. Biodiversidade da macrofauna em solo cultivado com milho em sistemas de manejo organico e plantio direto. **Agricultura Orgânica**, 2003.

PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H. **Estudo preliminar sobre a ocorrência de macrofauna em solos submetidos à cafeicultura orgânica, pastagem e floresta**. Fertbio. **Anais...Rio de Janeiro - RJ**: 2002.

PIMENTEL, M. S.; CARVALHO, R. S.; MARTINS, L. M. V.; SILVA, A. V. L. da; Seasonal response of edaphic bioindicators using green manure in Brazilian semi-arid conditions. **Revista Ciência Agronômica**. v. 42, p. 829–836, 2011a.

PIMENTEL, M. S.; DE-POLLI, H.; AQUINO, A. M. de; CORREIA, M. E. F.; ROUWS, J. R. C. Bioindicators of soil quality in coffee organic cultivation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, p. 546–553, 2011b.

PIMENTEL, M. S. **Indicadores da Qualidade do Solo em Sistema Orgânico de Café, Hortaliça, Pasto e Floresta, durante as Estações do Ano**. [Tese]. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2005.

PODGAISKI, L. R.; DE SOUZA MENDONÇA, M.; PILLAR, V. D. O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: O que, como e por quê? **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 835–853, 2011.

POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B. dos; BIASI, J. P.; SIQUEIRA S de F.; ROSA, M. G. da; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, santa Catarina - Brasil. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 42–51, 2016.

PONGE, J-F. The soil as an ecosystem. **Biology and Fertility of Soils**. v. 51, p. 645–658, 2015.

PONTES, T. M. **Estoques de biomassa e de nutrientes de pousios enriquecidos com *Inga edulis Martius* em áreas com histórico de agricultura e de pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim , Manaus- AM**. [Dissertação]. Manaus – AM: Instituto nacional de Pesquisas Amazônicas - INPA; 2009.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F. da; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, p. 1310–1320, 2011.

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

R CT. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <<http://www.R-project.org/>>. 2014;

REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; MODRZYNSKI, J.; MROZINSKI, P.; HOBBIE, S. E.; EISSENSTAT, D. M.; CHOROVER, J.; CHADWICK, O. A.; HALE, C. M.; TJOELKER, M. G. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: A common garden test with 14 tree species. **Ecology Letters**, v. 8, p. 811–818, 2005.

RESSETTI, R. R.; DIONÍSIO, J. A.; MOTTA, A. C. V. Comparação entre doses de alil isotiocianato e a solução de formaldeído na extração de minhocas. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 25–33, 2008.

RESSETTI, R. R. Abundance, Biomass and Species of Earthworm in Ecosystems of Urban Areas. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1–2, p. 61–66, 2006.

REYNOLDS, J.W., JORDAN, G. A preliminary conceptual model of Megadrile activity and abundance in the haliburton highlands. **Megadrilologica**, v. 2, n. 2, p. 1–11, 1975.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999.

RICCI, M. dos S. F.; AQUINO, A. M. de; SILVA, E. M. R. da; PEREIRA, J. C.; REIS, V. M. Transformações biológicas e microbiológicas ocorridas no solo de um cafezal convencional em conversão para orgânico. **Comunicado Técnico - Embrapa**, Seropédica-RJ, v. 1, n. 31, p. 1–10, 1999.

RIGHI, G. **Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor**. 26º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Rio de Janeiro - RJ: CD-Rom, 1997

ROCHA, E.; TESTA, M.; BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; BARETTA, D. **Minhocas em Três Regiões do Oeste Catarinense**. 34º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Florianópolis - SC: 2013

RODRIGUES, K. de M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M. de. **Efeitos do manejo do solo e sucessão de culturas na abundância e na dieta da minhoca, *Pontosclex corethrurus*, por marcação isotópica**. **Fertbio. Anais...**Lages-SC: 2004

RODRIGUES, K. M.; BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; SANTOS, H. P. **Efeito do Preparo do Solo e da Rotação de Culturas Sobre a Macrofauna do Solo**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Recife - PE: 2005

RÖMBKE, J.; SCHMIDT, P.; HÖFER, H. The earthworm fauna of regenerating forests and anthropogenic habitats in the coastal region of Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1040–1049, 2009.

RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; DIDDEN, W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 62, n. 2, p. 249–65, out. 2005.

RÖMBKE, J.; MELLER, M.; GARCÍA, M. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forests and a polyculture forestry plantation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 518–522, 1999.

RÖMBKE, J.; SOUSA, J. P.; SCHOUTEN, T.; RIEPERT, F. Monitoring of soil organisms: a set of standardized field methods proposed by ISO. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. SUPPL. 1, p. 61–64, 2006.

ROSSI, J. P.; BLANCHART, E. Seasonal and land-use induced variations of soil macrofauna composition in the Western Ghats, southern India. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, n. 6, p. 1093–1104, 2005.

ROSSI, J. P.; MATHIEU, J.; COOPER, M.; GRIMALDI, M. Soil macrofaunal biodiversity in Amazonian pastures: Matching sampling with patterns. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 8, p. 2178–2187, 2006.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de. Earthworm ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no fire agri ecosystems from eastern brazilian amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 117–134, 2010.

ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CELENTANO, D.; CARVALHO, C. J. R. de. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 4, p. 499–512, 2014.

ROUSSEAU, L.; FONTE, S. J.; TÉLLEZ, O.; VAN DER HOEK, R.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecological Indicators**, v. 27, p. 71–82, 2013.

RUTGERS, M.; ORGIAZZI, A.; GARDI, C.; RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; KEITH, A. M.; NEILSON, R.; BOAG, B.; SCHMIDT, O.; MURCHIE, A. K.; BLACKSHAW, R. P.; PÉRÈS, G.; CLUZEAU, D.; GUERNION, M.; BRIONES, M. J. I.; RODEIRO, J.; PIÑEIRO, R.; COSÍN, D. J. D.; SOUSA, J. P.; SUHADOLC, M.; KOS, I.; KROGH, P. H.; FABER, J. H.; MULDER, C.; BOGTE, J. J.; VAN WIJNEN, H. J.; SCHOUTEN, A. J.; ZWART, D. de. Mapping earthworm communities in Europe. **Applied Soil Ecology**, v. 97, p. 98–111, 2016.

SANTOS, D. P.; SANTOS, G. G.; SANTOS, I. L. dos; SCHOSSLER, T. R.; NIVA, C. C.; MARCHÃO, R. L. Caracterização da macrofauna edáfica em sistemas de produção de grãos no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1466–1475, 2016.

SANTOS, D. P.; SANTOS, I. L. dos; SOUZA, T. R. S. de; JUNIOR, J. P. da S.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L. **Macrofauna edáfica sob sistemas de manejo em Latossolo do Cerrado piauiense**. 34^o Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Florianópolis - SC: 2013

SANTOS, D. P.; SCHOSSLER, T. R.; SANTOS, I. L. dos; MELO, N. B.; SANTOS, G. G. Soil macrofauna in a Cerrado / Caatinga ecotone under different crops in Southwestern Piauí State , Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, n. 10, 2017.

SANTOS, E. DOS; SANTOS, R. C. DOS; MARQUES, R. Macrofauna edáfica na interface solo-serrapilheira e a relação com atributos químicos de um espodossolo sob dois diferentes sistemas de conservação e uso do solo no Município de Paranaguá-PR. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2294–2307, 2015.

SANTOS, E. dos; VARGAS, G. R. de; FILHO, N. R. de M.; BROWN, G. G. Comparação entre diferentes métodos de coleta de minhocas em dois diferentes sistemas florestais. **Scientia Vitae**2, v. 3, n. 12, p. 34–40, 2016.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115–122, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. Á. De; LUMBRERAS, J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª rev. am. Brasília - DF: Embrapa; 2013.

SANTOS, J. C. P.; BARETTA, D.; ALVES, M. V.; CARDOSO, E. J. B. **Macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em sistemas de plantio direto e convencional**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife-PE: 2005**

SARAIVA, O. F.; LEITE, R. M. V. B. de C. **Resultados de pesquisa da embrapa soja 1998. Documentos 296**. 2008. p. 17–30.

SATCHELL, J. E. Lumbricidae. In: **Soil Biology**. 1967, p. 259–322.

SATCHELL, J. E. **Earthworm Ecology**. 1ª ed. Cambridge: Chapman and Hall, 1983.

SCHIAVON, G. D. A.; SCHIEDECK, G.; VIANNA, É. E. S.; SCHWENGBER, J. E. Biodiversidade de minhocas do solo na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa)**, v. 112, p. 1–27, 2009.

SCHIAVON, G. de A. **Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo: Avaliações sob a Ótica Acadêmica e do Conhecimento Local [Dissertação]**. Pelotas – RS: Universidade Federal de Pelotas, 2012.

SHEPHERD, G.; STAGNARI, F.; PISANTE, M.; BENITES, J. **Visual Soil Assessment**. Rome: FAO 2008.

SILVA, D. C. da; PEREIRA, J. de M.; PINTO, L. V. A.; BARETTA, D. **Fauna Edáfica Como Indicadora De Qualidade Do Solo Em Fragmentos Florestais E Área Sob Cultivo Do Cafeeiro**. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. **Anais...Pouso Alegre - MG: 2014**

SILVA, D. M. M. H. da. **Macrofauna Edáfica, Biomassa Microbiana e Qualidade do Solo em Área Cultivada no Cerrado Amapaense com e Sem Uso do Fogo e Adubação Alternativa. [Dissertação]**. Macapá – AP: Universidade Federal do Amapá; 2009.

SILVA, E. da. **Impact des plantations forestières sur l'abondance et la diversité des vers de terre, et sur les attributs physiques et chimiques du sol. [Tese]**. Universidade Federal do Paraná / Université Paris-EST; 2010.

SILVA, L. L. G. G. da; RESENDE, A. S. de; DIAS, P. F.; CORREIA, M. E. F.; SCORIZA, R. N. Soil macrofauna in wooded pasture with legume trees. **Ciência Rural**. v. 45, p. 1191–1197, 2015.

SILVA, R. B. da; PEQUENO, P. L. de L.; ALMEIDA, C. M. V. C. de; BATISTA, C. C.; BURAK, S. C.; SOUZA, M. da S.; SOUZA, M. B. L.; BEZERRA, I. L. **Avaliação inicial da fauna edáfica em três classes de solos utilizados com café arborizado em Rondônia**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...1994**

SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**. V. 36, p. 673–677, 2006.

SILVA, R. F. da; AQUINO A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, E. M. D. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 697–704, 2006.

SILVA, R. F. da; OTSUBO, A. A.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M.; ARAÚJO, H. S. de. **Comunidade da macrofauna do solo em sistemas de cultivo de mandioca sob plantio direto e convencional em Mato Grosso do Sul, Brasil**. XV Congresso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. **Anais...Varadero - Cuba: 2001**

SILVA, R. F. da; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, p. 865–871, 2007.

SILVA, R. H. P. da; RODRIGUES, I. P. S.; GUIMARÃES, A. Q. & DRUMOND, M. A. **Comportamento de Construção de Câmara de Estivação por Rhinodrilus alatus e sua Relação com a Pluviosidade**. 5º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas. **Anais...Curitiba - PR: 2015**

SOUZA, M. E. P. de. **Oligochaetas em solos sob sistemas de manejos a pleno sol e agroflorestal e vermicompostagem associada com pós de rochas. [Dissertação]**. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.

SPARLING, G.; LILBURNE, L.; VOJVODIC-VUKOVIC, M. **Provisional Targets for Soil Quality Indicators in New Zealand**. Landcare Res. Sci. Ser. 2008.

STATSOFT Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. 2011.

STEFFEN, G. P. K. **Diversidade de minhocas e sua relação com ecossistemas naturais e alterados no estado do Rio Grande do Sul. [Tese].** Santa Maria – RS: Universidade Federal de Santa Maria; 2012.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; JACQUES, R. J. S.; Importância ecológica e ambiental das minhocas. **Revista de Ciências Agrárias**. V. 36, n. 2, p. 137-147, 2013.

STOCKDALE, E. A.; WATSON, C. Managing soil biota to deliver ecosystem services. **Natural England Commissioned Report**, v. 1, n. 100, p. 141, 2012.

TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligochaeta edáfico *Amyntas* SPP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409–415, 2000.

TANCK, B. C. B. **Futuação populacional do Oligochaeta edáfico amyntas spp (Kinberg, 1867) em quatro ecossistemas, através de dois métodos de extração. [Dissertação].** Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 1995.

TAPIA-CORAL, S. C.; VELÁSQUEZ, E.; JAMES, S. W.; LUIZÃO, F. J. **Relações entre Populações de Minhocas (Annelida : Oligochaeta) e Atributos Químicos do Solo em Sistemas Agroflorestais Manejados na Amazônia Brasileira.** ELAETAO 5. **Anais...**Curitiba - PR: 2015

TARRA, I. L. C.; LUIZÃO, F. de J.; WANDELLI, E. V.; TEIXEIRA, W. G.; MORAIS, W. J.; FERNANDES, E. C. M.; BROCHEL, K. V.; PÉREZ, N. V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia central. **Prospectiva**, v. 10, n. 1, p. 6–17, 2012.

TARRÁ, I. L. C. **Relação entre a biomassa dos grupos funcionais da macrofauna e o volume de macro-poros do solo na área de influência de plantas perenes de sistemas agrossilviculturais na Amazônia central. [Tese].** Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003.

TRIANA, S. P. **Impacto da degradação de florestas ripárias na composição e diversidade da macrofauna do solo. [Dissertação].** São Luis – MA: Universidade Estadual do Maranhão; 2014.

TROGELLO, E.; GIOVANI, A.; ROBERTO, E. Avaliação da Fauna do Solo em Diferentes Sistemas de Cultivo , Milho Orgânico e Milho em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 1, p. 25–26, 2008.

UZÊDA, M. C.; GARCIA, M. A.; COSTA, J. R. Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. 1º ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 489–495.

VAN GROENIGEN, J. W.; LUBBERS, I. M.; VOS, H. M. J.; BROWN, G. G.; DE DEYN, G. B.; VAN GROENIGEN, K. J. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 4, n. 2, p. 6365, 2014.

VASCONCELLOS, R. L. F.; SEGAT, J. C.; BONFIM, J. A.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. **European Journal of Soil Biology**, v. 58, p. 105–112, 2013.

VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 43–50, 2012.

VENDRAME, P. R. S. **Relações Entre a Mineralogia, Fertilidade, Acidez E Macrofauna Em Latossolos Do Cerrado Sob Pastagem**. [Tese]. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina; 2008.

VENDRAME, P. R. S.; MARCHÃO, R. L.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. D. F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 996–1001, 2009.

VIANA, R. DE M. **Indicadores de qualidade de solo para avaliação da restauração florestal: estudo de caso UHE Balbina-AM**. [Dissertação]. Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 2012.

VICENTE, N. M. D. F.; CURTINHAS, J. N.; PEREZ, A. L.; PREZOTTI, L. Fauna Edáfica Auxiliando a Recuperação de Áreas Degradadas do Córrego Brejaúba, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 104–110, 2010.

VOSS, M. **População de minhocas em diferentes sistemas de plantio**Plantio direto. Londrina - PR: 1986.

ZAGATTO, M. R. G.; **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa – PR**. [Dissertação]. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2014.

6 ANEXOS - ARTIGO B

SUPPLEMENTARY TABLE S1. NUMBER OF OBSERVATIONS AND THE PERCENTAGE OF THE TOTAL (847 SITES) FOR EACH OF THE SOIL, ENVIRONMENTAL AND EARTHWORM SAMPLE VARIABLES INCLUDED IN THE DATABASE, TAKEN FROM PUBLISHED STUDIES ON EARTHWORM ABUNDANCE IN BRAZILIAN ECOSYSTEMS (N= 128).

Environmental variables	N (%)	Earthworm sample data	N (%)	Soil variables	N (%)
Sample date	777 (88)	Size of sample	807 (100)	pH	434 (54)
Locality	618 (73)	No. samples	775 (96)	H+Al	269 (33)
County	807 (100)	Sample depth	797 (99)	K	413 (51)
State	807 (100)	Density	807 (100)	Ca	388 (48)
Geographic coordinates	557 (69)	Biomass	287 (36)	Mg	395 (49)
Altitude	528 (65)	Species identification	212 (26)	P	398 (49)
Annual precipitation	589 (73)			C	427 (53)
Mean annual temperature	583 (72)			Sum of bases	427 (53)
Climate (Köppen)	558 (69)			CEC	348 (43)
Vegetation cover type	807 (100)			V %	353 (44)
Type of Native vegetation	187 (83)*			N	122 (15)
Type and name of crop	280 (80)*			C:N	105 (13)
Pasture species	48 (28)			Sand	321 (40)
Forestry species	105 (100)			Clay	345 (43)
Type of Integrated System	182 (100)			Silt	321 (40)
Soil type (FAO)	682 (85)			Soil texture	436 (54)
Soil management	307 (88)*			Soil moisture	252 (17)

*Value presented represents the proportion within the total for the category; for these variables, the total was not 1448.

FONTE: Nadolny (2017)

SUPPLEMENTARY TABLE 2. NUMBER OF OBSERVATIONS OF EACH ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLE PRESENT IN THE DATABASE. (DENSITY / BIOMASS)

Variables	TOTAL	Amazon (451)	Atlantic Forest (801)	Cerrado (126)	Pampa (71)	Pantanal (7)	Caatinga (26)
1 Density / Biomass	1482 / 676	451 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
Season	1280 / 611	442 / 123	656 / 402	94 / 35	71 / 51	7 / 0	10 / 0
2 Dry	142 / 27	45 / 0	58 / 19	35 / 8	-	3 / 0	1 / 0
Wet	1138 / 584	397 / 123	598 / 383	59 / 27	71 / 51	4 / 0	9 / 0
3 County	1482 / 676	451 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
4 Altitude	1482 / 676	451 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
5 Annual Precipitation	1482 / 676	423 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
6 Annual Temperature	1482 / 676	423 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
7 Soil humidity	255 / 154	54 / 22	146 / 112	21 / 0	20 / 20	-	14 / 0
Climate	1482 / 676	423 / 123	801 / 454	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
Af	139 / 73	109 / 65	30 / 8	-	-	-	-
Am	277 / 34	253 / 34	10 / 0	10 / 0	-	4 / 0	-
As	69 / 16	55 / 13	9 / 3	-	-	-	5 / 0
8 Aw	164 / 30	34 / 11	50 / 5	66 / 14	-	3 / 0	11 / 0
Bsh	10 / 0	-	-	-	-	-	10 / 0
Cfa	539 / 362	-	450 / 298	18 / 13	71 / 51	-	-
Cfb	193 / 145	-	178 / 136	15 / 9	-	-	-
Cwa	63 / 10	-	46 / 3	17 / 7	-	-	-
Cwb	28 / 6	-	28 / 6	-	-	-	-
Natural vegetation	485 / 207	233 / 56	213 / 133	27 / 12	10 / 7	4 / 0	4 / 0
Brejo	3 / 3	-	2 / 2	-	1 / 1	-	-
Campo	6 / 4	-	3 / 1	2 / 2	1 / 1	-	-
Cerrado	24 / 8	3 / 3	2 / 0	14 / 5	-	2 / 0	3 / 0
9 Floresta Estacional Semidecidual	64 / 33	-	54 / 26	5 / 2	5 / 5	-	-
Floresta Ombrófila Densa	334 / 124	223 / 53	107 / 71	1 / 0	3 / 3	-	-
Floresta Ombrófila Mista	44 / 34	-	42 / 33	2 / 1	-	-	-
Mata de Galeria	10 / 1	-	-	1 / 1	-	2 / 0	-
Forest plantation	105 / 64	-	82 / 52	10 / 8	5 / 4	-	-
Araucaria	26 / 20	-	25 / 20	1 / 0	-	-	-
10 Eucalyptus	32 / 23	-	23 / 15	5 / 4	4 / 4	-	-
Pinus	21 / 17	-	21 / 17	-	-	-	-
Others	26 / 4	-	13 / 0	4 / 4	1 / 0	-	-
Pasture	178 / 56	19 / 19	67 / 31	24 / 4	2 / 2	-	3 / 0
11 Brachiaria	31 / 5	-	8 / 3	13 / 2	-	-	-
Others grass	18 / 5	19 / 1	11 / 2	1 / 0	1 / 1	-	3 / 0
Integrated system	182 / 71	71 / 23	89 / 46	13 / 0	6 / 2	-	3 / 0
12 ILP	53 / 24	-	40 / 24	13 / 0	-	-	-
ILPF	5 / 5	2 / 2	3 / 3	-	-	-	-
IPF	29 / 5	14 / 2	15 / 3	-	-	-	-
SAF	95 / 37	55 / 19	31 / 16	-	6 / 2	-	3 / 0
CROP	526 / 277	59 / 25	348 / 197	52 / 19	48 / 36	3 / 0	16 / 0
Rice	25 / 22	3 / 0	-	-	22 / 22	-	-
13 Oat	8 / 6	-	7 / 6	-	1 / 0	-	-
Coffee	28 / 9	-	26 / 7	2 / 2	-	-	-
Sugar cane	17 / 5	-	14 / 3	2 / 1	1 / 1	-	-

SUPPLEMENTARY TABLE 2. NUMBER OF OBSERVATIONS OF EACH ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLE PRESENT IN THE DATABASE. (DENSITY / BIOMASS) (CONTINUATION)

Variables	TOTAL	Amazon (451)	Atlantic Forest (801)	Cerrado (126)	Pampa (71)	Pantanal (7)	Caatinga (26)
Cover	14 / 0	-	7 / 0	5 / 0	2 / 0	-	-
Fruit	26 / 11	5 / 0	12 / 4	-	8 / 7	-	2 / 0
Garden	12 / 5	-	7 / 2	-	5 / 3	-	-
Manioc	9 / 3	6 / 2	3 / 1	-	-	-	-
Corn	69 / 46	8 / 2	57 / 44	2 / 0	-	-	2 / 0
Others	35 / 11	2 / 2	6 / 6	6 / 6	2 / 1	-	9 / 0
Soy	128 / 77	2 / 2	99 / 61	25 / 12	2 / 2	-	-
Wheat	12 / 11	-	12 / 11	-	-	-	-
Management	473 / 267	44 / 19	325 / 195	51 / 19	46 / 34	-	7 / 0
14 CM	24 / 16	-	15 / 7	-	9 / 9	-	-
LP	52 / 20	5 / 0	36 / 11	2 / 2	8 / 7	-	1 / 0
PC	139 / 74	25 / 9	66 / 39	22 / 11	20 / 15	-	6 / 0
PD	257 / 156	14 / 10	207 / 137	27 / 6	9 / 3	-	-
Soil type SBCS / FAO	1482 / 676	451 / 123	801 / 459	126 / 43	71 / 51	7 / 0	26 / 0
Argissolo /	354 / 78	219 / 48	85 / 18	4 / 0	32 / 12	-	14 / 0
Acrisols /	166 / 100	9 / 0	153 / 100	4 / 0	-	-	-
Latossolo /	687 / 317	213 / 75	352 / 199	111 / 43	-	-	11 / 0
Ferralsols /	35 / 22	1 / 0	30 / 18	-	4 / 4	-	-
Gleissolo /	7 / 7	-	7 / 7	-	-	-	-
Gleysols /	156 / 106	6 / 0	149 / 106	1 / 0	-	-	-
15 Nitossolo / Nitissols	48 / 34	-	-	-	34 / 34	7 / 0	-
Planossolo /	2 / 0	2 / 0	-	-	-	-	-
Planosols /	6 / 4	-	3 / 3	-	1 / 1	-	-
Plintossolo /	12 / 0	-	-	6 / 0	-	-	1 / 0
Plinthosols /	7 / 6	1 / 0	6 / 0	-	-	-	-
Espodossolo /	2 / 2	-	2 / 1	-	-	-	-
Podzols /	1417 / 644	417 / 97	784 / 453	122 / 43	66 / 51	7 / 0	21 / 0
Neossolo /	726 / 282	311 / 65	297 / 174	91 / 39	4 / 4	3 / 0	20 / 0
Arenosols /	324 / 170	21 / 0	240 / 126	14 / 0	48 / 44	-	1 / 0
Neossolo /	171 / 79	45 / 8	109 / 68	10 / 0	3 / 3	4 / 0	-
Leptosols /	196 / 113	40 / 24	138 / 85	7 / 4	11 / 0	-	-
Regosols /	1038 / 464	322 / 65	567 / 326	82 / 32	42 / 41	4 / 0	21 / 0
Sample effort	721 / 432	160 / 44	469 / 325	32 / 22	41 / 41	4 / 0	15 / 0
Baixo	1007 / 449	308 / 50	565 / 331	67 / 27	42 / 41	4 / 0	21 / 0
16 Médio	985 / 448	309 / 50	544 / 330	65 / 27	42 / 41	4 / 0	21 / 0
Médio alto	989 / 445	306 / 47	551 / 330	65 / 27	42 / 41	4 / 0	21 / 0
Alto	989 / 444	303 / 50	555 / 331	64 / 22	42 / 41	4 / 0	21 / 0
pH	1034 / 490	333 / 74	558 / 343	71 / 32	42 / 41	4 / 0	26 / 0
H+Al	1013 / 456	314 / 55	562 / 333	71 / 27	42 / 41	4 / 0	20 / 0
K	942 / 464	318 / 63	503 / 328	60 / 32	42 / 41	4 / 0	15 / 0
Ca	937 / 449	308 / 53	508 / 328	55 / 27	42 / 41	4 / 0	20 / 0
Mg							
17 P							
C							
SB							
CTC							
V %							

SUPPLEMENTARY TABLE 2. NUMBER OF OBSERVATIONS OF EACH ENVIRONMENTAL AND SOIL VARIABLE PRESENT IN THE DATABASE. (DENSITY / BIOMASS) (CONTINUATION)

Variables	TOTAL	Amazon (451)	Atlantic Forest (801)	Cerrado (126)	Pampa (71)	Pantanal (7)	Caatinga (26)
N	413 / 160	225 / 40	129 / 82	12 / 5	33 / 33	-	14 / 0
C:N	384 / 145	225 / 40	103 / 67	9 / 5	33 / 33	-	14 / 0
18 Sand	783 / 329	306 / 46	379 / 243	62 / 20	20 / 20	4 / 0	12 / 0
Clay	834 / 361	306 / 46	397 / 249	74 / 25	41 / 41	4 / 0	12 / 0
Silt	783 / 329	306 / 46	379 / 243	62 / 20	20 / 20	4 / 0	12 / 0
Texture	975 / 440	350 / 88	482 / 296	87 / 25	31 / 31	4 / 0	21 / 0
Sand	15 / 4	3 / 0	12 / 4	-	-	-	-
Sand loan	51 / 17	28 / 10	11 / 3	10 / 4	-	-	2 / 0
Clay	225 / 129	49 / 10	136 / 106	36 / 10	3 / 3	-	1 / 0
Sandy clay	46 / 13	22 / 5	17 / 8	1 / 0	-	-	6 / 0
Silt clay	20 / 14	6 / 1	14 / 13	-	-	-	-
19 Loan	41 / 12	10 / 1	21 / 6	5 / 0	5 / 5	-	-
Sandy loan	169 / 49	96 / 3	49 / 34	2 / 0	12 / 12	4 / 0	6 / 0
Sandy clay loan	133 / 41	49 / 5	67 / 28	8 / 5	3 / 3	-	6 / 0
Clay loan	54 / 33	11 / 3	39 / 26	4 / 4	-	-	-
Silt clay loan	13 / 12	6 / 6	7 / 6	-	-	-	-
Silt loan	9 / 4	8 / 3	1 / 1	-	-	-	-
Heavy clay	199 / 112	62 / 41	108 / 61	21 / 2	8 / 8	-	-

FONTE: Nadolny (2017)

SUPPLEMENTARY TABLE S3. REFERENCES INCLUDED IN THE DATABASE (168 STUDIES). FULL REFERENCES CAN BE FOUND IN SUPPLEMENTARY NOTES.

Author (s)	Biome (s)	Land uses	N sites	Data
¹ Alves 2007	AF	C	6	A, S
² Alves et al. 2002	AF	C, N, P	6	A, S
³ Alves 2011	AM	C, IPS, N, P	13	A, B, S
⁴ Araújo 2010	CA	C, N	5	A, S
⁵ Araújo & Luizão 1999	AM	N	4	A
⁶ Azevedo et al. 2010; Brown, G.G. et al.*	AF	C, N, P	4	A, B
⁷ Bandeira & Harada 1998ab	AM	N, R	6	A, S
⁸ Baretta et al. 2003	AF	C, P, N	7	A, S
⁹ Baretta et al. 2007	AF	IPS, N, R	4	A, B, S
Baretta, D. et al.*	AF	C, N	10	A, S
¹⁰ Barros et al. 2002	AM	C, IPS, N, P	15	A, B, S
¹¹ Barros et al. 2003	AM	IPS, N	5	A, B, S
¹² Barros et al. 1996; Barros, E. & Lavelle*	AM	IPS, N, P	10	A, B, S
¹³ Bartz et al. 2009	AF	C, N	6	A, B, S
¹⁴ Bartz et al. 2013	AF	C, N, R	36	A, S
¹⁵ Bartz et al. 2014	AF	C, N, P	5	A, B, S
Bartz, M.L.C. et al.* (5 studies)	AF	C, IPS, N, P, R	124	A, B, S
¹⁶ Batista et al. 2014; ¹⁷ Batista 2011	CE	IPS, N	4	A, S
¹⁸ Benazzi 2011	AF	C	4	A, S
¹⁹ Benito et al. 2000	CE	N, P	5	A, B
²⁰ Benito 2002				
²¹ Benito 2005	AF	N, P	4	A
²² Benito et al. 2008				
Benito, N.P. et al.*	AF	C	2	A, S
²³ Bianchi et al. 2007	AF	C, N	3	A
²⁴ Blanchart et al. 2007	CE	C, N	7	A, S
Blanchart, E. & S. Minette*	CE	C, N, P	6	A, B, S
²⁵ Braga 2015	AM	IPS, N, P	5	A, S
²⁶ Brigante 2000	CE	N, P	3	A, S
²⁷ Brito et al. 2016	PT	C, N	4	A, S
²⁸ Brown & James 2007, Brown et al.*	CE	C, P	6	A, B, S
Brown et al. 2004, 2008; Brown et al.* (13 studies)	AF	C, N, P	26	A, B, S
Brown et al. 2008, Lima et al. 2009	AF	C	8	A, B, S
²⁹ Brown et al. 2009	AF	IPS, N	6	A, B, S
Brown, G.G. & W. Maschio*	AF	N	3	A, S
Brown, G.G. et al.* (8 studies)	AF	C, IPS, N, P, R	40	A, B, S
³⁰ Buch et al. 2015	AF	N	2	A, S
³¹ Caballero 1975	CE	N	1	A
³² Camargo et al. 2014, ³³ Camargo 2016	AF	IPS, N, P	6	A, B, S
³⁴ Campos et al. 1997	PA	C	5	A
³² Cardoso et al. 2014	AF	N	8	A, B, S
³⁵ Catanozi 2010	AF, AM, CE	N, P	11	A
Clasen, L.A. et al.*	AF	C, IPS, P, N, R	5	A, B, S
³⁶ Correia et al. 2003; ³⁷ Bianchi 2009	AF	R	6	A
Correia, M.E.F. et al.* (3 studies)	AF	C, IPS, N, P, R	32	A, S
³⁸ Corrêa & Bento 2010; ³⁹ Bento 2009	CE	N	2	A, S
⁴⁰ Costa et al. 2004	AM	IPS, N, P	6	A
da Silva, E. et al.*	AF	IPS, P, N, R	8	A, B, S
da Silva, L.A. et al.*	AF	C	3	A, S
Demetrio, W.C. et al.* (2 studies)	AF	C, N, R	40	A, B, S
Demetrio, W.C. et al.*	AM	C, N, P	21	A, B, S

SUPPLEMENTARY TABLE S3. REFERENCES INCLUDED IN THE DATABASE (168 STUDIES). FULL REFERENCES CAN BE FOUND IN SUPPLEMENTARY NOTES. (CONTINUATION)

Author (s)	Biome (s)	Land uses	N sites	Data
⁴¹ Derpsch et al. 1986, ⁴² Kemper & Derpsch 1980, ⁴³ 1981	AF	C	7	A, S
Desjardins, T. et al.*	AM	IPS, N, P	9	A, B, S
⁴⁴ Dias et al. 1997	CE	N	5	A, B, S
⁴⁵ Dias et al. 2006	PT	N	3	A
⁴⁶ Dias et al. 2006	AF	IPS, P	4	A
^{47,48} Dias et al. 2007; Silva et al. 2015	AF	IPS, P	7	A
⁴⁹ Fernandes 2009	AF	C, N, P	6	A, B, S
⁵⁰ Ferreira et al. 2012	AF	N	6	A
⁵¹ Franchini et al, 2009	AF	IPS	4	A, S
⁵² Freitas 2007	AF	C	4	A, B, S
⁵³ Giracca et al. 2005	PA	C	5	A
⁵⁴ Góis et al. 2007	AF	N, R	5	A
⁵⁵ Gorte 2016	AF	C, N, R	56	A, B, S
⁵⁶ Guerra 1994	AM	N	3	A, B
⁵⁷ Guerra 1994	AM	N, P	2	A, B, S
⁵⁸ Guerra & Silva 1994	AF	IPS, N	3	A, B, S
⁵⁹ Hipólito et al. 2015	PA	IPS	4	A
⁶⁰ Iunes Filho 2009, ⁶¹ Alberton et al. 2010	AF	C, N, P	4	A, S
⁶² Jardevski & da Silva	AF	P	2	A, B, S
⁶³ Klenk, 2010	AF	P	3	A, S
Korasaki et al.*	AF	N	3	A, B, S
⁶⁴ Krabbe et al. 1993	AF	C, N	4	A, S
Lavelle, P., Marichal, R. et al.*	AM	C, IPS, N, P	135	A, S
⁶⁵ Lima et al. 2002; ⁶⁶ Azevedo et al. 2000;	PA	C, IPS, N, P	10	A
⁶⁷ Rodrigues et al. 2005	PA	C, IPS, N, P	10	A
⁶⁸ Lima 2011, Da Silva 2010	AF	N, R	15	A, B, S
Lima, A.C.R. et al.*	PA	C, R	24	A, B, S
⁶⁹ Lima et al. 2010; ⁷⁰ Lima 2008	CA	C, IPS, N	5	A, S
⁷¹ Lourente et al. 2007	CE	C, IPS, N, P, R	6	A, S
Luizão et al. 2002	AM	IPS, N	4	A, S
Maia, L.S. et al.*	AF	IPS	4	A, B, S
⁷² Madeira et al. 2010, Oliveira 2010	AF	C	3	A, S
⁷³ Mafra et al. 2002	AF	C, N	6	A, B
⁷⁴ Marchão et al. 2008	CE	C, N, P	6	A, S
⁷⁵ Marchão et al. 2009	CE	C, IPS, N, P	14	A, S
⁷⁶ Marchini et al. 2010	AF	IPS, N, P	6	A, S
⁷⁷ Marchiori 2008	AF	C, P	5	A, S
Martins, M.B. et al.*	AM	N	10	A, S
⁷⁸ Marques & Silva 2011	AF	C, N, R	3	A
⁷⁹ Maschio et al. 2010	AF	C, IPS, N, P	6	A, B
⁸⁰ Maschio et al. 2014	AF	R	5	A, B, S
Mathieu, J. et al.*	AM	C, N, P	20	A, S
⁸¹ Mendes et al. 2010	AM	IPS	2	A, S
⁸² Menezes 2008, ⁸³ Menezes et al. 2009	AF	N, P	4	A, S
⁸⁴ Merlin 2005	AF	N, R	3	A, S
⁸⁵ Merlin et al. 2005	AF	C	3	A, S
Nadolny, H.S. et al.*	AF	R	2	A, S
Nadolny, H.S et al.*	CE	C, N, P, R	10	A, B, S
Nobre, C. & C. Gehring*	AM	IPS	4	A, S
⁸⁶ Nunes et al. 2006	AF	C, N, P	11	A, B, S
⁸⁷ Pasini et al. 2000, Brossard et al. 2012	CE	C, N, P	5	A, B, S
⁸⁸ Pasqualin et al. 2012	AF	C, N	5	A, S

SUPPLEMENTARY TABLE S3. REFERENCES INCLUDED IN THE DATABASE (168 STUDIES). FULL REFERENCES CAN BE FOUND IN SUPPLEMENTARY NOTES. (CONTINUATION)

Author (s)	Biome (s)	Land uses	N sites	Data
⁸⁹ Pereira 2012	AF, CE	N, R	6	A, S
Pequeno et al. 2004	AM	IPS	1	A
⁹⁰ Pereira et al. 2012	AF	C, IPS, N, R	5	A
⁹¹ Pezarico et al. 2003	AF	C	2	A
⁹² Pimentel et al. 2002, 2011; ⁹³ Pimentel 2005	AF	C, N	12	A, S
⁹⁴ Pompeo et al. 2016	AF	N, R	3	A, S
⁹⁵ Pontes 2009	AM	C, P	4	A, B, S
Portilho et al. 2011	AF	C, IPS, N, P	9	A, S
⁹⁶ Ricci et al. 1999, ⁹⁷ Aquino et al. 2000	CE	C	2	A, B, S
⁹⁸ Rodrigues et al. 2004	AF	C	5	A, B
⁹⁹ Römbke et al. 2009	AF	C, IPS, N, P	53	A, B, S
¹⁰⁰ Rousseau et al. 2010	AM	IPS, N, P	6	A
Rousseau, G., L. Hernández et al.*	AM	C, IPS, N	91	A, B, S
¹⁰¹ Santos et al. 2005	AF	C	4	A, S
¹⁰² Santos et al. 2008	CE	C, IPS	8	A, S
¹⁰³ Santos et al. 2015	AF	IPS, N	2	A, S
Santos, A. et al.*	PA	C, IPS, N, P, R	20	A, B, S
¹⁰⁴ Schiavon et al. 2009	PA	C, N, R	5	A
Schiavon, G.A. & G. Schiedeck*	PA	C	4	A, B
¹⁰⁵ Schiavon 2012	PA	C	4	A, B, S
¹⁰⁶ Silva et al. 2001, Otsubo et al. 2002	AF	C, N	3	A, S
¹⁰⁷ Silva et al. 2006	AF	C, IPS, N, P	5	A, S
¹⁰⁸ Silva et al. 2007	AF	C, N	5	A, S
¹⁰⁹ Silva 2009	AM	C	4	A, B, S
¹¹⁰ Silva et al. 1994	AM	IPS	3	A
¹¹¹ Silva et al. 2014	AF	C, N	3	A
¹¹² Souza 2010	AF	C, N	8	A, S
¹¹³ Tarrá et al. 2012; ¹¹⁴ Tarra (tese)	AM	IPS	10	A, B
Teixeira et al. 2007	AM	N	6	A, B
¹¹⁵ Triana 2014	AM	N	8	A
Triana, S. et al.*	AM	C, N, P	9	A
¹¹⁶ Trogello et al. 2008	AF	C	2	A, S
¹¹⁷ Tanck et al. 2000	AF	C, N	4	A, B, S
Tapia-Coral, S. et al.*	AM	C, IPS, N	10	A, S
¹¹⁸ Uzêda et al. 2007	AF	C, N	3	A, S
¹¹⁹ Velásquez et al. 2012; ¹²⁰ Laossi et al. 2008	AM	IPS, P, R	16	A, S
¹²¹ Vendrame et al. 2009	CE	P	4	A, S
¹²² Viana 2012	AM	N, R	4	A, S
¹²³ Vicente et al. 2010	AF	N, P	2	A
¹²⁴ Voss 1896	AF	C	4	A, S
¹²⁵ Zagatto, 2014	AF	IPS, P, R	5	A, B, S

*unpublished data; Biomes: AF=Atlantic Forest; AM=Amazonia; CA=Caatinga; CE=Cerrado; PA=Pampa; PT=Pantanal; Land uses: C=Crops; IPS=Integrated Production Systems; N=Native vegetation; P=Pasture; R=Reforestation; Data available: A=Abundance; B=Biomass; S=Soil data.

7 SUPPLEMENTARY NOTES

7.1 REFERENCES FOR SUPPLEMENTARY TABLE S3

1. ALVES, M. V. **Fauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes minerais e dejetos suínos na sucessão aveia milho, sob semeadura direta. [Dissertação].** [s.l.] Lages - SC: Universidade do Estado de Santa Catarina, 2007
2. ALVES, M. V.; BARETTA, D. SANTOS, J. C. P.; WILDNER, L. do P. & MANFROI, A. **Macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo do solo.** *Fertbio. Anais...*2002
3. ALVES, M. V. **Propriedades físicas do solo e oligochaetas em diferentes sistemas de uso da terra no alto Solimões - AM. [Tese].** [s.l.] Lavras - MG: Universidade Federal de Lavras, 2011.
4. ARAUJO, A. O. **Avaliação de Propriedades Físicas dos Solos e da Macrofauna Edáfica em Áreas Submetidas a Manejo Florestal de Vegetação Nativa na Chapada do Araripe. [Dissertação].** [s.l.] Fortaleza - CE: Universidade Federal do Ceará, 2010.
5. ARAUJO, Y. M.; LUIZÃO, F. J. **Populações de minhocas em experimento de manipulação de liteira em solos de capoeira na amazônia central.** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. *Anais...*1999
6. AZEVEDO, P. T. M.; BROWN, G. G.; BARETTA, D.; PASINI, A. & NUNES, D. H. **Populações de minhocas amostradas por diferentes métodos de coleta (elétrico, químico e manual) em ecossistemas da região de Londrina, Paraná, Brasil.** In: **Uso de las lombrices de tierra como bioindicadoras ambientales: principios y prácticas.** p. 79–93.
7. BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. **Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia central.** *Acta Amazonica*, v. 28, n. 2, p. 191–204, 1998.
8. BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, Á. L.; WILDNER, L. DO P. & MIQUELLUTI, D. J. **Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense.** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 2, n. 2, p. 97–106, 2003.
9. BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W. & CARDOSO, E. J. B. N. **Earthworm populations sampled using collection methods in atlantic forests with *Araucaria angustifolia*.** *Scientia Agricola* 64, 384–392 (2007).
10. BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R. & LAVELLE, P. **Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia.** *Biology and Fertility of Soils*, v. 35, n. 5, p. 338–347, 2002

11. BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273–280, 2003.
12. BARROS, M. E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. **Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central**. Congresso Latino-Americano de Ciências do Solo. **Anais...**Piracicaba - SP: 1996
13. BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; FERNANDES, J. D. O.; CURMI, P.; DORIOZ, J.; RALISCH, R. Earthworm communities in organic and conventional coffee cultivation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 928–933, 2009.
14. 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.
15. BARTZ, M. L. C.; BROWN, G. G.; ROSA, M. G. da, FILHO, O. K.; JAMES, S. W.; DECAËNS, T.; BARETTA, D. Earthworm richness in land-use systems in Santa Catarina, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 83, p. 59–70, 2014a.
16. BATISTA, I.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797–809, 2014.
17. BATISTA, I. **Atributos Edáficos e Fauna do Solo em Áreas de Integração Lavoura-Pecuária no Bioma Cerrado, Mato Grosso do sul. [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011
18. BENAZZI, E. DOS S. **Produtividade, Fertilidade e Fauna do Solo em um Argissolo Amarelo Cultivado com Cana-de-Açúcar sob Diferentes Sistemas de Colheita [Dissertação]**. Seropédica - RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2011.
19. BENITO, N. P.; BOBILLIER, B.; BROSSARD, M.; PASINI, A. Impacto do desmatamento e da renovação de pastagem sobre a macrofauna edáfica do solo no Cerrado. **CD soil pastures**, n. 1, p. 1–5, 2000.
20. BENITO, N. P. **Interferência de sistemas de cultivo sobre a macrofauna invertebrada do solo. [Dissertação]**. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2002.
21. BENITO, N. P. **Diversidade da macrofauna invertebrada do solo em áreas agrícolas de jaguapitã - PR. [Tese]**. Londrina - PR: Universidade Estadual de Londrina, 2005.

22. BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. D. F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em latossolo vermelho utilizando parâmetros biológicos , físicos e químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 473–484, 2008
23. BIANCHI, M. O.; AQUINO, A. M.; ALMEIDA, E. **Distribuição vertical da macrofauna do solo em várias safras do milho agroecológico em área do produtor familiar**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Gramado - RS: 2007**
24. BLANCHART, E.; BERNOUX, M.; SARDA, X.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M.; DOUZET, J-M.; SCOPEL, E.; FELLER, C. Effect of Direct Seeding Mulch-Based Systems on Soil Carbon Storage and Macrofauna in Central Brazil. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 72, n. 1, p. 81–87, 2007.
25. BRAGA, D. P. P. **Sistemas agroflorestais com cacau para recuperação de áreas degradadas , em São Félix do Xingu**. [Dissertação]. Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2015.
26. BRIGANTE, J. **Comparação de Algumas Comunidades de Macrofauna e Microrganismos de Solo, Encontradas em Áreas de Mata e Pastagens, em um Latossolo**. [Tese]. São Carlos – SP: Universidade Federal de São Carlos; 2000.
27. BRITO, M. F. de.; TSUJIGUSHI, B. P.; OTSUBO, A. A.; da SILVA, R. F. & MERCANTE, F. M. Diversidade da fauna edáfica e epigeica de invertebrados em consórcio de mandioca com adubos verdes. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 253–260, 2016.
28. BROWN, G. G. & JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. 1ª ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 397–402.
29. BROWN, G. G.; MASCHIO, W.; FROUFE, L. C. M. Macrofauna do Solo em Sistemas Agroflorestais e Mata Atlântica em regeneração nos municípios de Barra do Turvo-SP e Adrianópolis. **DOCUMENTOS 184 - Embrapa**, 2009.
30. BUCH, A. C.; CORREIA, M. E. F.; TEIXEIRA, D. C.; SILVA-FILHO, E. V. Characterization of soil fauna under the influence of mercury atmospheric deposition in Atlantic Forest, Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 32, n. 2006, p. 217–227, 2015.
31. CABALLERO, M. E. L. S. Bionomia de Oligochaeta Terrestres da Região Norte-Occidental do Estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 28, n. 7, p. 762–765, 1975.
32. CAMARGO, F. F.; SANTOS, A.; XARÃO, G. B.; NADOLNY, H.; ASSUNÇÃO, R. R.; NEGRETTI, T. F. M.; NEGRETTI, B. D.; FROUFE, L. C. M.; BROWN, G. G. **Comunidades de Minhocas em diferentes tipos de uso do solo localizados na Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira- MG**. ELAETAO 5. **Anais...Curitiba – PR: 2014**

33. CAMARGO, F. F. **Indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo em sistemas agroflorestais agroecológicos na área de preservação ambiental Serra da Mantiqueira, MG.** [Tese]. Lavras – MG: Universidade Federal de Lavras; 2016.
34. CAMPOS, B. C. de; PESSOA, A. C. S.; FIGUEIREDO, L. G. B.; GOY, C.; VOGT, A. I.; NEUSSER, C.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. **Estudo da mesofauna do solo em espécies vegetais antecedendo milho no sistema de plantio direto.** 24º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Rio de Janeiro – RJ, 1997
35. CATANOZI, G. **Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos.** [Tese]. Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas; 2010.
36. CORREIA, M. E. F.; LIMA, D. A.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. & TAVARES, S. R. L. **Comunidades da macrofauna do solo em áreas de floresta secundária de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro.** O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224. **Anais...**Seropédica-RJ: Embrapa, 2003.
37. BIANCHI, M. de O. **Avaliação da Funcionalidade do Solo em Sistemas Florestais Enriquecidos com Leguminosas.** [Dissertação]. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.
38. CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1435–1443, 2010.
39. BENTO, M. A. B. **Avaliação Da Qualidade Dos Substratos Minerados Em Cinco Cascalheiras Revegetadas No Distrito Federal.** [Dissertação]. Brasília – DF: Universidade de Brasília; 2009.
40. COSTA, P. **Fauna edáfica e sua atuação em processos do solo.** Documentos 02, Embrapa Roraima, 1 ed., 2004.
41. DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. In: **Soil & Tillage Research**. p. 253–263, 1986.
42. KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 1, n. 1, p. 253–267, 1980.
43. KEMPER, B.; DERPSCH, R. **Estudos sobre susceptibilidade dos solos a erosão e métodos de proteção do solo no Estado do Paraná.** 3º Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. **Anais...**Recife - PE: 1981

44. DIAS, V. S.; BROSSARD, M. & ASSAD, M. L. L. **Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de Cerrados**. III Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...**Brasília-DF: 1997
45. DIAS, A. M.; SILVA, R. F. da; SILVESTRE, R.; MERCANTE, F. M. **Caracterização da macrofauna invertebrada do solo sob diferentes fitofisionomias do Pantanal Sul-Mato-Grossense**. Fertbio. **Anais...**Bonito - MS: 2006
46. DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; ROCHA, G. P.; MOREIRA, J. F.; RODRIGUES, K. D. M.; FRANCO, A. A. **Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de Digitaria**. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1015–1021, 2006b.
47. DIAS, P.; SOUTO, S.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. de M.; FRANCO, A. A. **Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 1, p. 38–44, 2007.
48. SILVA, R. H. P. da; RODRIGUES, I. P. S.; GUIMARÃES, A. Q. & DRUMOND, M. A. **Comportamento de Construção de Câmara de Estivação por *Rhinodrilus alatus* e sua Relação com a Pluviosidade**. 5º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas. **Anais...**Curitiba - PR: 2015
49. FERNANDES, J. de O. **Minhocas como indicadores ambientais em ecossistemas agrícolas**. [Dissertação]. Londrina – PR: Universidade Estadual de Londrina; 2009.
50. FERREIRA, C. dos R.; CORREIA, M. E. F.; REZENDE, A. S. de & OLIVEIRA, R. S. de. **Composição da macrofauna do solo em dois fragmentos florestais no município de Itaboraí - RJ**. Fertbio. **Anais...**Maceió - AL: 2012
51. FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; PASINI, A.; SACOMAN, A.; SILVA, J. R. da; FRANÇA, C.; CARRARA, R. **Abundância e diversidade da macrofauna do solo em diferentes fases de um sistema de integração lavoura-pecuária no Arenito Paranaense**. Workshop Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Embrapa. **Anais...**Brasília-DF: 2009
52. FREITAS, M. P. **Flutuação populacional de oligochaeta edáficos em hortas sob sistemas convencional e orgânico no município de Canoinhas/SC**. [Dissertação]. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2007.
53. GIRACCA, E. M. N.; ELTZ, F. L. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; WENDLING, A.; VENTURINI, E. F. **Macrofauna em solo sob plantio direto com diferentes doses de calcário**. Reunião Brasileira de Ciência do Solo. **Anais...**Cuiabá-MT: 2005
54. GOIS, D. T. de; SANTOS, J. C. P.; ALVES, M. V.; PRANDO, A. M.; TOLEDO, G. C. de; SOUZA, D. G. de. **Avaliação da macrofauna edáfica em áreas de reflorestamento de pinus com diferentes tipos de uso , no Litoral Catarinense**. 31º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**Gramado-RS: 2007

55. GORTE, T. **Qualidade do solo em sistema plantio direto [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Positivo; 2016.
56. GUERRA, R. T. Earthworm Activity in Forest and Savanna Soils Near Boa Vista, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 24, n. 3, p. 303–308, 1994.
57. GUERRA, R. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, n. 4, p. 593–601, 1994.
58. GUERRA, R. T.; SILVA, E. G. DA. Estudo das comunidades de minhocas (Annelida, Oligochaeta) em alguns ambientes terrestres do Estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 9, n. 2, p. 209–223, 1994.
59. HIPÓLITO, A. W.; SCHIAVON, G. DE A.; CARDOSO, J. H. **Análise de diversidade da macrofauna do solo em sistemas agroflorestais**. 9º Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...**Belém - PA: 2015
60. FILHO, L. C. L. de O. **Produção de Alface e Rabanete, sob Adubação Orgânica em Ambiente Protegido. [Dissertação]**. Pelotas - RS: Universidade Federal de Pelotas, 2009
61. ALBERTON, J. V.; FILHO, L. C. I. de O.; VIAPIANA, C. M.; BIANCO, V. D.; MIQUELLUTI, D. J.; SANTOS, J. C. P. **Macrofauna do Solo em Áreas Reconstruídas após Mineração de Carvão**. Fertbio. **Anais**. Guarapari - ES: 2010
62. JARDEVESKI, R.; SILVA, V. P. DA. Minhocas em uma Pastagem Arborizada na Região Noroeste do Estado do Paraná, Brazil. **Boletim de Pesquisa Florestal - Embrapa Florestas**, v. 51, n. 1, p. 17–31, 2005.
63. KLENK, L. A. **Macrofauna Invertebrada Edáfica em Pastagem com Pastoreio Rotativo Sob Diferentes Preparos Orgânicos Em Condições Subtropicais no Sul Do Brasil. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2010.
64. KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, v. 23, n. 1, p. 21–26, 1993
65. LIMA, D. A. de; CORREIRA, M. E. F.; SANTOS, H. P. dos; AQUINO, A. M. de; MANTO, L.; FONTANELI, R. S. **Influência de diferentes sistemas de preparo de solo e rotações de culturas sobre a macrofauna do solo em Passo Fundo, Rio Grande do Sul**. Fertbio. **Anais...**2002
66. AZEVEDO, V. F. de; LIMA, D. A. de; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M. de & SANTOS, H. P. dos. **Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto médio do Rio Grande do Sul**. Fertbio. **Anais...**Santa Maria - RS: 2000.

67. RODRIGUES, K. M.; BIANCHI, M. O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; SANTOS, H. P. **Efeito do Preparo do Solo e da Rotação de Culturas Sobre a Macrofauna do Solo**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife - PE: 2005**
68. LIMA, O. G. de. **Indicadores Físicos, Químicos E Biológicos Da Qualidade Do Solo Em Plantios Florestais E Floresta Ombrófila Mista Na Embrapa Florestas, Colombo-Pr [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2011.
69. LIMA, A. C. R. DE; BRUSSAARD, L. Earthworms As Soil Quality Indicators : Local and Scientific Knowledge in Rice Management. **Acta Zoologica Mexicana**, n. Numero Esp. 2, p. 109–116, 2010.
70. LIMA, S. S. de. **Impacto do Manejo Agroflorestal Sobre a Dinâmica de Nutrientes e a Macrofauna Invertebrada nos Compartimentos Serapilheira-Solo em Área de Transição no Norte do Piauí. [Dissertação]**. Terezina – PI: Universidade Federal do Piauí; 2008.
71. LOURENTE, E. R. P.; SILVA, R. F. da; SILVA, D. A. da; MARCHETTI, M. E.; MERCANTE, F. M. Macrofauna edáfica e sua interação com atributos químicos e físicos do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 17–22, 2007.
72. MADEIRA, C. L.; ALVARENGA, M. I. N.; PINHEIRO, L. B. A. **Efeito da produção de fitomassa na fauna de solo sob lavoura cafeeira em sub-bosque de araucária (*Araucaria angustifolia* L .).** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Uberlândia - MG: 2010**
73. MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. de S.; BAYER, C. **Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava-PR.** XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. **Anais...Cuiabá-MT: 2002.**
74. MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; JUNIOR, J. de D. G. S.; SÁ, M. A. C. de.; BERGAMACHI, L. C.; BORTONCELLO, L. R. **Impacto de Sistemas Agrícolas nos atributos Físicos, Químicos e Macrofauna num Latossolo do Oeste Baiano.** DOCUMENTOS 228 - Embrapa. Planaltina-DF; 2008.
75. MARCHÃO, R. L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop-livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1011–1020, 2009.
76. MARCHINI, D. de C.; ALVES, M. C.; PINTO, C. C.; OLIVEIRA, C. O. e; FILHO, S. N. S.; ARRUDA, O. G. de; BONINI, C. dos S. B. **Uso da macrofauna como indicador biológico de um Latossolo vermelho em recuperação.** 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Uberlândia - MG: 2010**

77. MARCHIORI, A. C. C. **Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Gengibre (*Zingiber officinale* R.) Consorciado com Leguminosas no Bioma Mata Atlântica em Ubatuba. [Tese]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.
78. MARQUES, D. M.; SILVA, L. M. da. **Macrofauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, no Município de Campos Gerais – MG. [TCC]**. Faculdade de Ciências e Tecnologias de Campos Gerais; 2011.
79. MASCHIO, W.; BROWN, G.; SEOANE, C. E. S.; FROUFE, L. C. M. **Abundância e diversidade de minhocas em agroecossistemas da Mata Atlântica nos municípios do Litoral Paranaense - Morretes e Antonina. Elaetao 4. Anais...Curitiba - PR: 2010**
80. MASCHIO, W.; VEZZANI, F. M.; BROWN, G. G. Earthworm populations in Eucalyptus spp. plantations at Embrapa Forestry, Brazil (Oligochaeta). In: **Advances in Earthworm Taxonomy VI (Annelida: Oligochaeta)**. p. 114–126, 2014.
81. MENDES, R. R.; GOI, S. R.; AZEVEDO, R. A. B. DE. **Densidade de minhocas em sistema agroflorestal manejado com leguminosas fixadoras de nitrogênio**. Fertbio. **Anais...Guarapari - ES: 2010**
82. MENEZES, C. E. G. **Integridade de Paisagem , Manejo e Atributos do Solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. [Tese]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.
83. MENEZES, C. E. G.; CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BATISTA, I.; RODRIGUES, K. D. M.; OLIVEIRA, I. P. de. Macrofauna Edáfica em Estádios Sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e Pastagem Mista em Pinheiral (RJ). **Revista Brasileira de Ciencias do Solo**, v. 33, p. 1647–1656, 2009.
84. MERLIM, A. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP. [Dissertação]**. Piracicaba - SP: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005.
85. MERLIM, A. D. O.; GUERRA, J. G. M.; JUNQUEIRA, R. M.; AQUINO, A. M. de. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 57–61, 2005.
86. NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Earthworm diversity in four land use systems in the região of Jaguapitã, Paraná State , Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 331–338, 2006.
87. PASINI, A.; FONSECA, I. C. B.; BROSSARD, M. & GUIMARÃES, M. de F. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens no cerrado de Uberlândia, MG, Brasil. In: **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo - Documentos 224**. Londrina - PR: Embrapa, 2003.

88. PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, J. A.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná - Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 33, p. 7–18, 2012.
89. PEREIRA, J. D. M. **Atributos biológicos como indicadores de qualidade do solo em Floresta de Araucária nativa e reflorestada no Estado de São Paulo [Tese]**. Piracicaba – SP: Universidade de São Paulo - ESALQ; 2012.
90. PEREIRA, R. D. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA Cruz das Almas – Bahia. **Magistra**. v. 24, p. 63–76, 2012.
91. PEZARICO, C. R.; LOPES, S. de M.; SILVA, R. F. da; RANGEL, M. A. S.; MERCANTE, F. M. Biodiversidade da macrofauna em solo cultivado com milho em sistemas de manejo orgânico e plantio direto. **Agricultura Orgânica**, 2003.
92. PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H. **Estudo preliminar sobre a ocorrência de macrofauna em solos submetidos à cafeicultura orgânica, pastagem e floresta**. *Fertbio. Anais...* Rio de Janeiro - RJ: 2002.
93. PIMENTEL, M. S. **Indicadores da Qualidade do Solo em Sistema Orgânico de Café, Hortaliça, Pasto e Floresta, durante as Estações do Ano. [Tese]**. Seropédica – RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2005.
94. POMPEO, P. N.; SANTOS, M. A. B. dos; BIASI, J. P.; SIQUEIRA S de F.; ROSA, M. G. da; BARETTA, C. R. D. M.; BARETTA, D. Fauna e sua relação com atributos edáficos em Lages, santa Catarina - Brasil. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 42–51, 2016.
95. PONTES, T. M. **Estoques de biomassa e de nutrientes de pousios enriquecidos com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico de agricultura e de pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim , Manaus- AM. [Dissertação]**. Manaus – AM: Instituto nacional de Pesquisas Amazônicas - INPA; 2009.
96. RICCI, M. dos S. F.; AQUINO, A. M. de; SILVA, E. M. R. da; PEREIRA, J. C.; REIS, V. M. Transformações biológicas e microbiológicas ocorridas no solo de um cafezal convencional em conversão para orgânico. **Comunicado Técnico - Embrapa**, Seropédica-RJ, v. 1, n. 31, p. 1–10, 1999.
97. AQUINO, A. M. de, RICCI, M. dos S; PINHEIRO, A. dos S. **Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF**. *Fertbio, Anais*, Santa Maria – RS, 2000.
98. RODRIGUES, K. de M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M. de. **Efeitos do manejo do solo e sucessão de culturas na abundância e na dieta da minhoca, *Pontoscolex corethrurus*, por marcação isotópica**. *Fertbio. Anais...*Lages-SC: 2004

99. RÖMBKE, J.; SCHMIDT, P.; HÖFER, H. The earthworm fauna of regenerating forests and anthropogenic habitats in the coastal region of Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 1040–1049, 2009.
100. ROUSSEAU, G. X.; SILVA, P. R. dos S.; CARVALHO, C. J. R. de. Earthworm ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no fire agri ecosystems from eastern brazilian amazonia. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 2, p. 117–134, 2010.
101. SANTOS, J. C. P.; BARETTA, D.; ALVES, M. V.; CARDOSO, E. J. B. **Macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em sistemas de plantio direto e convencional**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...Recife-PE: 2005**
102. SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M. da; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115–122, 2008.
103. SANTOS, E. DOS; SANTOS, R. C. DOS; MARQUES, R. Macrofauna edáfica na interface solo-serrapilheira e a relação com atributos químicos de um espodossolo sob dois diferentes sistemas de conservação e uso do solo no Município de Paranaguá-PR. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2294–2307, 2015.
104. SCHIAVON, G. D. A.; SCHIEDECK, G.; VIANNA, É. E. S.; SCHWENGBER, J. E. Biodiversidade de minhocas do solo na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (Embrapa)**, v. 112, p. 1–27, 2009.
105. SCHIAVON, G. de A. **Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo : Avaliações sob a Ótica Acadêmica e do Conhecimento Local [Dissertação]**. Pelotas – RS: Universidade Federal de Pelotas, 2012.
106. SILVA, R. F. da; OTSUBO, A. A.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M.; ARAÚJO, H. S. de. **Comunidade da macrofauna do solo em sistemas de cultivo de mandioca sob plantio direto e convencional em Mato Grosso do Sul, Brasil**. XV Congresso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. **Anais...Varadero - Cuba: 2001**
107. SILVA, R. F. da; AQUINO, A. M. de; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. de F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**. V. 36, p. 673–677, 2006.
108. SILVA, R. F. da; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M. de, MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v. 42, p. 865–871, 2007.

109. SILVA, D. M. M. H. da. **Macrofauna Edáfica, Biomassa Microbiana e Qualidade do Solo em Área Cultivada no Cerrado Amapaense com e Sem Uso do Fogo e Adubação Alternativa. [Dissertação]**. Macapá – AP: Universidade Federal do Amapá; 2009.
110. SILVA, R. B. da; PEQUENO, P. L. de L.; ALMEIDA, C. M. V. C. de; BATISTA, C. C.; BURAK, S. C.; SOUZA, M. da S.; SOUZA, M. B. L.; BEZERRA, I. L. **Avaliação inicial da fauna edáfica em três classes de solos utilizados com café arborizado em Rondônia**. 30º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...**1994
111. SILVA, D. C. da; PEREIRA, J. de M.; PINTO, L. V. A.; BARETTA, D. **Fauna Edáfica Como Indicadora De Qualidade Do Solo Em Fragmentos Florestais E Área Sob Cultivo Do Cafeeiro**. 6ª Jornada Científica e Tecnológica e 3º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS. **Anais...**Pouso Alegre - MG: 2014
112. SOUZA, M. E. P. de. **Oligochaetas em solos sob sistemas de manejos a pleno sol e agroflorestal e vermicompostagem associada com pós de rochas. [Dissertação]**. Viçosa – MG: Universidade Federal de Viçosa, 2010.
113. TARRA, I. L. C.; LUIZÃO, F. de J.; WANDELLI, E. V.; TEIXEIRA, W. G.; MORAIS, W. J.; FERNANDES, E. C. M.; BROCHEL, K. V.; PÉREZ, N. V. Grupos funcionais da macrofauna e macroporos do solo em sistemas agroflorestais da Amazônia central. **Prospectiva**, v. 10, n. 1, p. 6–17, 2012.
114. TARRÁ, I. L. C. **Relação entre a biomassa dos grupos funcionais da macrofauna e o volume de macro-poros do solo na área de influência de plantas perenes de sistemas agrossilviculturais na Amazônia central. [Tese]**. Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003.
115. TRIANA, S. P. **Impacto da degradação de florestas ripárias na composição e diversidade da macrofauna do solo. [Dissertação]**. São Luis – MA: Universidade Estadual do Maranhão; 2014.
116. TROGELLO, E.; GIOVANI, A.; ROBERTO, E. Avaliação da Fauna do Solo em Diferentes Sistemas de Cultivo , Milho Orgânico e Milho em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 6, n. 1, p. 25–26, 2008.
117. TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligochaeta edáfico *Amyntas* SPP. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 24, p. 409–415, 2000.
118. UZÊDA, M. C.; GARCIA, M. A.; COSTA, J. R. Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Eds.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia**. 1º ed. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2007. p. 489–495.

119. VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. **Applied Soil Ecology**, v. 56, p. 43–50, 2012.
120. LAOSSI, K-R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; CAROLINA RENDEIRO, A.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**. v. 51, p. 397–407, 2008.
121. VENDRAME, P. R. S.; MARCHÃO, R. L.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. D. F.; BECQUER, T. Relationship between macrofauna, mineralogy and exchangeable calcium and magnesium in Cerrado Oxisols under pasture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 8, p. 996–1001, 2009.
122. VIANA, R. DE M. **Indicadores de qualidade de solo para avaliação da restauração florestal: estudo de caso UHE Balbina-AM. [Dissertação]**. Manaus - AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, 2012.
123. VICENTE, N. M. D. F.; CURTINHAS, J. N.; PEREZ, A. L.; PREZOTTI, L. Fauna Edáfica Auxiliando a Recuperação de Áreas Degradadas do Córrego Brejaúba, MG. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 2, p. 104–110, 2010.
124. VOSS, M. **População de minhocas em diferentes sistemas de plantio**Plantio direto. Londrina - PR: 1986.
125. ZAGATTO, M. R. G.; **Fauna edáfica em sistemas de uso do solo no município de Ponta Grossa – PR. [Dissertação]**. Curitiba – PR: Universidade Federal do Paraná; 2014.